

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství**

**Katedra chemie**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2018**

**Klára Jahodová**

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství

Katedra chemie



**Experimentální měření a vyhodnocení tepelných kapacit slitin na bázi Fe-C-Cr s využitím vysokoteplotního kalorimetru**

Experimental measurements and evaluation of the heat capacities of alloys based on Fe-C-Cr with use of high-temperature calorimeter

**Autor práce: Klára Jahodová**

Vedoucí: Ing. Lubomíra Drozdová

Konzultant: doc. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D.

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství  
Katedra chemie

## Zadání bakalářské práce

Student: **Klára Jahodová**  
Studijní program: B3909 Procesní inženýrství  
Studijní obor: 3909R014 Procesní inženýrství a metody kontroly kvality  
Téma: Experimentální měření a vyhodnocení tepelných kapacit slitin na bázi Fe-C-Cr s využitím vysokoteplotního kalorimetru  
Experimental measurements and evaluation of the heat capacities of alloys based on Fe-C-Cr with use of high-temperature calorimeter  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování literární rešerše dané problematiky.
2. Metody termické analýzy (zejména metoda DSC).
3. Vlastní experimentální měření na připravených slitinách.
4. Vyhodnocení naměřených dat, interpretace výsledků a závěry.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. ROSICKÝ, J. Termická analýza: Dočasná vysokoškolská učebnice. Vydání 1. Praha: MŠMT ČSR, 1989. 160 s.
2. BOETTINGER, W.J., KATTNER, U.R., MOON, K.W., PEREPEZKO, J.H.: DTA and Heat-flux DSC Measurements of Alloy Melting and Freezing. Washington: Special Publication 960-15. National Institute of Standards and Technology, 2006, 90 s.
3. ŽALUDOVÁ, M., SMETANA, B., ZLÁ, S., DOBROVSKÁ, J., ROSYPALOVÁ, S., KALUP, A., MICHALEK, K. Study of heat capacity of real steel grade. In METAL 2014 : 23rd International Conference on Metallurgy and Materials : conference proceedings : May 21st – 23rd 2014, Hotel Voronez I, Brno Czech Republic, EU [CD-ROM]. Ostrava : Tanger, 2014, s. 559-563.
4. KOMOROVÁ, L., IMRIŠ, I. Termodynamika v hutnictví. 2. vyd. Bratislava: Alfa, 1992. 289 s.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lubomíra Drozdová**

Konzultant bakalářské práce: doc. Ing. Bedřich Smetana, Ph.D.

Datum zadání: 30.11.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018

  
prof. Ing. Petr Praus, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.  
děkanka fakulty

# **Zásady pro vypracování bakalářské práce**

## **I.**

Bakalářskou prací (dále jen BP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

## **II.**

### Uspořádání bakalářské práce:

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| 1. Titulní list                              | 6. Obsah BP                  |
| 2. Originál zadání BP                        | 7. Textová část BP           |
| 3. Zásady pro vypracování BP                 | 8. Seznam použité literatury |
| 4. Prohlášení + místopřísežné prohlášení     | 9. Přílohy                   |
| 5. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky |                              |

ad 1) Titulní list je koncipován podle požadavků příslušné oborové katedry.

ad 2) Originál zadání BP obdrží student na oborové katedře.

ad 3) Tyto „Zásady pro vypracování bakalářské práce“ následují za originálem zadání BP. („Zásady pro vypracování bakalářské práce“ jsou ke stažení na webových stránkách fakulty).

ad 4) Prohlášení + místopřísežné prohlášení napsané na zvláštním listu (ke stažení na webových stránkách fakulty) a vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání BP. V případě, že BP vychází ze spolupráce s jinými právníckými a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listě vloženo prohlášení spolupracující právnické nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním BP.

ad 5) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listu česky a anglicky v rozsahu max. 1 strany pro obě jazykové verze.

ad 6) Obsah BP se uvádí na zvláštním listu. Zahrnuje názvy všech číslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části BP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 7) Textová část BP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním BP;
- Vlastní rozpracování BP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků BP z hlediska stanoveného zadání.

BP bude zpracována v rozsahu min. 25 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury).

Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující **doporučené** úpravy - písmo Times New Roman 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 9).

Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost. Matematické vzorce musí být číslovány (v kulatých závorkách). U vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury. Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

ad 8) BP bude obsahovat alespoň 10 literárních odkazů, z toho nejméně 3 v některém ze světových jazyků.

Seznam použité literatury se píše na zvláštním listě. **Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690.** Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu BP.

ad 9) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části, např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

### III.

Bakalářskou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahore: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*  
*Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství*  
*Katedra . . . . .*

uprostřed: *BAKALÁŘSKÁ PRÁCE*

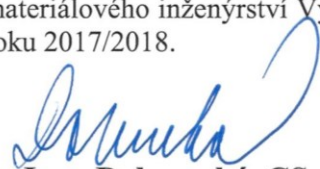
dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON. Práce vložená v elektronické formě do IS EDISON se musí zcela shodovat s prací odevzdanou v tištěné formě. Po vložení BP do IS EDISON bude provedena její kontrola na plagiátorství.

### IV.

Nesplnění výše uvedených zásad pro vypracování bakalářské práce může být důvodem nepřijetí práce k obhajobě. O nepřijetí práce k obhajobě rozhoduje v tomto případě garant příslušného studijního oboru. Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem bakalářského studia fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2017/2018.

Ostrava 13. 11. 2017

  
**Prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.**  
děkanka fakulty metalurgie a materiálového inženýrství  
VŠB-TU Ostrava

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl(a) seznámen(a) s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního (§60 - školní dílo);
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude archivována v elektronické formě v databázi Ústřední knihovny VŠB - TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Místopřisečně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně.

V Ostravě 12.5.2018

.....  
podpis (jméno a příjmení studenta)

Tímto bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce Ing. Ľubomíře Drozdové za odborné vedení, za její rady a připomínky a za čas strávený při této práci. Také bych chtěla poděkovat konzultantovi doc. Ing. Bedřichovi Smetanovi, Ph.D., za ochotu a praktické rady.

Tato bakalářská práce vznikla na Fakultě metalurgie a materiálového inženýrství při řešení projektu č. **LO1203 „Regionální materiálově technologické výzkumné centrum – Program udržitelnosti“** financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky. Práce dále vznikla také v rámci řešení projektu **GAČR č. 17-18668S**.

Bakalářská práce byla vypracována také s finanční podporou rozvojového projektu **„Analýza studia a talentování studentů“ (IRP/2016/60)**. Moravskoslezský kraj, byl jako součást projektu **„Podpora talentovaných studentů doktorského studia na VŠB-TUO“ (č. 04766/2017/RRC)**.



## Abstrakt

Hlavní téma této bakalářské práce bylo experimentální a teoretické studium tepelné kapacity. Experimentální data lze najít v literatuře, ale data pro konkrétní slitinu jsou dohledatelná jen stěží. Studovanými materiály byly tři modelové slitiny na bázi Fe-C-Cr, s téměř totožným obsahem uhlíku (0,34 hm.% C) a rozdílným obsahem zejména chrómu (0,92 – 4,76 hm.% Cr). V teoretické části práce jsou objasněny možnosti teoretických výpočtů a experimentálního stanovení tepelných kapacit a je definován pojem tepelná kapacita. V experimentální části je uveden způsob experimentálního stanovení tepelné kapacity s využitím vysokoteplotního kalorimetru Setaram MHTC 96 (Multi High-Temperature Calorimeter) Line s 3D DSC senzorem pomocí metody DSC (Diferenční Skenovací Kalorimetrie) při rychlosti ohřevu 5°C/min. Měření bylo provedeno v rozmezí teplot 150 – 1580 °C. Vyjma tepelných kapacit byly stanovené i teploty fázových transformací. V nízkoteplotní oblasti (150 – 1300 °C) byly získány teploty počátku fázové přeměny  $\alpha \rightarrow \gamma$  ( $T_{\alpha \rightarrow \gamma, S}$ ) a teploty ukončení této přeměny ( $T_{\alpha \rightarrow \gamma, E}$ ) a teplota Curieho bodu ( $T_C$ ). Ve vysokoteplotní oblasti (1150 – 1580 °C) byly získány teploty solidu ( $T_S$ ), likvidu ( $T_L$ ) a peritektické transformace ( $T_P$ ). Experimentální hodnoty tepelných kapacit byly porovnány a diskutovány s teoretickými hodnotami vypočítanými pomocí softwaru Thermo-Calc a byla vypočítána směrodatná odchylka a variační koeficient pro experimentální hodnoty. Práce uvádí výsledky, jejich porovnání, diskuzi a odpovídající závěry s ohledem na chemické složení modelových slitin, teoretická a experimentálně získaná data.

**Klíčové slova:** modelové slitiny Fe-C-Cr, tepelná kapacita, diferenční skenovací kalorimetrie (DSC), Setaram MHTC 96 Line, Thermo-Calc

## Abstrakt

The main topic of this bachelor thesis was experimental and theoretical study of heat capacity. Experimental data can be found in a literature, but data for a particular alloy is hardly searchable. The studied materials were three model alloys based on Fe-C-Cr with almost the same carbon content (0,34 wt. % C) and different content in particular chromium (0,92 – 4,76 wt.% Cr). The theoretical part of the thesis explains the possibilities of theoretical calculations and experimental determination of heat capacities and defines the term heat capacity. In the experimental part is presented a method of experimental determination of the heat capacity using the Setaram MHTC 96 (Multi High-Temperature Calorimeter) Line with a 3D DSC sensor using the DSC (Differential Scanning Calorimetry) method with a heating rate of 5 °C/min. Measurements were carried out in a temperature range of 150 – 1580 °C. Except heat capacities, phase transformation temperatures were also determined. In the low-temperature region (150 – 1300 °C), the temperature of the start of phase transformation  $\alpha \rightarrow \gamma$  ( $T_{\alpha \rightarrow \gamma, s}$ ) and the temperature of the end transition  $\alpha \rightarrow \gamma$  ( $T_{\alpha \rightarrow \gamma, E}$ ) and the Curie point ( $T_C$ ) temperature were obtained. In high temperature region (1150 – 1580 °C), solidus ( $T_S$ ), liquidus ( $T_L$ ) and peritectic ( $T_P$ ) transition temperatures were obtained. Experimental heat capacity values were compared and discussed with theoretical values calculated using Thermo-Calc software and the standard deviation and variance coefficients for the experimental values were calculated. The thesis presents the results, their comparison, discussion and corresponding conclusions regarding the chemical composition of model alloys, theoretical and experimentally obtained data.

**Key words:** model alloys based on Fe-C-Cr, heat capacity, Differential Scanning Calorimetry (DSC), Setaram MHTC 96 Line, Thermo-Calc

## Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Cíle práce .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Teoretická část .....</b>	<b>6</b>
3.1. Systémy Fe-C, oceli .....	6
3.1.1. Železo .....	6
3.1.2. Diagram Fe-C .....	7
3.1.3. Oceli .....	9
3.2. Chrom.....	10
3.3. Tepelná kapacita .....	10
3.4. Teoretické stanovení tepelné kapacity .....	12
3.5. Metody termické analýzy.....	14
3.6. Experimentální stanovení tepelné kapacity .....	15
3.6.1. Metoda DSC .....	15
3.6.2. Vliv experimentálních podmínek.....	16
3.6.3. Metoda „continuous“ .....	17
<b>4. Experimentální část .....</b>	<b>19</b>
4.1. Experimentální materiál.....	19
4.2. Experimentální zařízení .....	20
4.3. Kalibrace .....	22
4.4. Podmínky experimentálního měření tepelných kapacit .....	24
<b>5. Výsledky experimentálních měření a jejich diskuze .....</b>	<b>26</b>
5.1. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu A.....	26
5.1.1. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu A do 1300 °C.....	26
5.1.2. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu A nad 1300 °C.....	28

5.2. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu B .....	29
5.2.1. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu B do 1300 °C .....	29
5.2.2. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu B nad 1300 °C .....	30
5.3. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu C .....	31
5.3.1. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu C do 1300 °C .....	32
5.3.2. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu C nad 1300 °C .....	33
5.4. Porovnání tepelných kapacit modelových slitin A, B a C v oblasti do 1300 °C .....	34
5.5. Porovnání experimentálních kapacit modelových slitin A, B a C v oblasti nad 1300 °C .....	35
 <b>6. Závěr .....</b>	 <b>37</b>
<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>39</b>
<b>Seznam použitých zkratk a veličin .....</b>	<b>42</b>
<b>Vlastní publikační činnost.....</b>	<b>44</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>45</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>46</b>
<b>Seznam příloh.....</b>	<b>47</b>

# 1. Úvod

Tepelná kapacita ocelí (systémů na bázi Fe-C), jakožto termodynamická veličina má rozsáhlé využití v praxi. Používá se například v ocelářském průmyslu při simulacích a následné optimalizaci kontinuálního odlévání ocelí, kde se využívá jako fyzikální podmínka jednoznačnosti do numerických modelů teplotního pole. Tepelná kapacita je také obsažena ve výpočetních programech (jejích databázích), jako jsou Thermo - Calc nebo FACT Sage. Jednou z možností získání hodnot tepelných kapacit je experimentální měření a druhou možností je její získání pomocí teoretických výpočtů [1].

Jedním, stále z nejvýznamnějších materiálů využívaných v průmyslu jsou oceli. Oceli (slitiny na bázi Fe-C) jsou využívány v různých oblastech od strojírenství až po lékařství. Každá ocel je odlišná, zejména z důvodu různého zastoupení mnohých prvků, proto je důležité znát jejich přesné chemické složení (které prvky obsahuje a jejich množství). Prvek, jako je např. chrom, je karbidotvorný a má výrazný vliv na výsledné vlastnosti oceli: např.: posouvá u ocelí teploty fázových transformací, může zvyšovat jejich pevnost nebo korozivzdornost. Obdobné lze konstatovat např. i v případě uhlíku.

V současné době je stále více a více využíváno SW prostředků pro získávání hodnot tepelných kapacit. Klíčové je však získávání hodnot tepelných kapacit s využitím experimentálních metod. Na základě dostupných dat v literatuře lze konstatovat, že v současné době stále existuje nedostatek přesných experimentálních dat pro konkrétní slitiny, tepelné kapacity nevyjímaje. Jednou z možností získání popisu termofyzikálních a termodynamických vlastností systémů na bázi Fe jsou metody termické analýzy, mezi které patří např. metoda DTA (Diferenční Termická Analýza) a DSC (Diferenční Skenovací Kalorimetrie). Experimentální měření bývají doplněné a podpořené teoretickými výpočty např. v SW Thermo-Calc, PANDAT, které pracují na principu metody CALPHAD.

Tato bakalářská práce se zabývá, zejména, experimentálním a teoretickým studiem tepelných kapacit třech modelových slitin na bázi Fe-C-Cr. Pro experimentální získávání tepelných kapacit byl použit vysokoteplotní kalorimetr Setaram MHTC 96 (Multi-High Temperature Calorimeter) Line s 3D DSC senzorem a metoda DSC (Diferenční Skenovací Kalorimetrie). Práce přináší nová klíčová originální experimentální data modelových slitin na bázi Fe-C-Cr. Teoretické výpočty tepelných kapacit byly realizované pomocí SW Thermo-Calc. V práci jsou získaná data, pro jednotlivé slitiny, vzájemně porovnaná a diskutována, s vyvozenými odpovídajícími závěry. Je provedeno také porovnání a diskuze

mezi experimentálními a teoretickými daty. Získaná data mohou přispět ke zpřesnění teoretických termodynamických výpočtů a k řešení problematiky složitějších systémů (ocelí) s potenciálním dopadem na řešení problémů v průmyslové praxi.

## 2. Cíle práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je experimentální a teoretické studium tepelných kapacit modelových slitin na bázi Fe-C-Cr. V této práci bylo využito experimentálního zařízení Setaram MHTC 96 (Multi High - Temperature Calorimeter) Line s 3D DSC senzorem. Tepelné kapacity byly experimentálně stanovené pomocí DSC v režimu „continuous“ („continuous metodou“). Teoretické výpočty byly provedené pomocí SW Thermo-Calc.

K dosažení cílů této práce byly vykonané následující úkony:

- Literární rešerše v oblasti systémů na bázi železa, tepelných kapacit a metod termické analýzy.
- Experimentální studium třech modelových slitin Fe-C-Cr (připravených technologií vakuového tavení) při řízené rychlosti ohřevu metodou DSC v režimu „continuous“.
- Výpočet směrodatné odchylky a variačního koeficientu.
- Výpočet tepelných kapacit pomocí SW Thermo-Calc s implementovanou metodou CALPHAD a databází TCFE8.
- Porovnání a diskuze experimentálních a teoretických hodnot a vyvození odpovídajících závěrů.

### 3. Teoretická část

#### 3.1. Systémy Fe-C, oceli

**Systém Fe – C** patří k nejvýznamnějším materiálům současného průmyslu. Důležitý význam soustavy Fe – C a soustav na bázi Fe – C, je základem pro popis chování ocelí a litin [2].

##### 3.1.1. Železo

Železo je šedobílý, lesklý, měkký, křehký, tavitelný kov. Jeho teplota tání dosahuje 1539 °C a teplota varu je 3070 °C [2]. Železo je druhý nejrozšířenější kov. Lze ho najít v zemské kůře ve formě sloučenin. Ve sloučeninách se objevuje nejčastěji jako dvou a trojmocné [3].

Ryzí železo je reaktivní a na vlhkém vzduchu, či při vyšších teplotách brzy koroduje [4]. Uhlík jako příměs v železe podstatně ovlivňuje jeho vlastnosti, např.: pevnost, houževnatost, tvrdost [3].

V pevném skupenství se železo vyskytuje ve dvou krystalových modifikacích, známé jako  $\alpha$  a  $\gamma$ . Na obrázku 1 jsou znázorněny všechny krystalové modifikace [5].

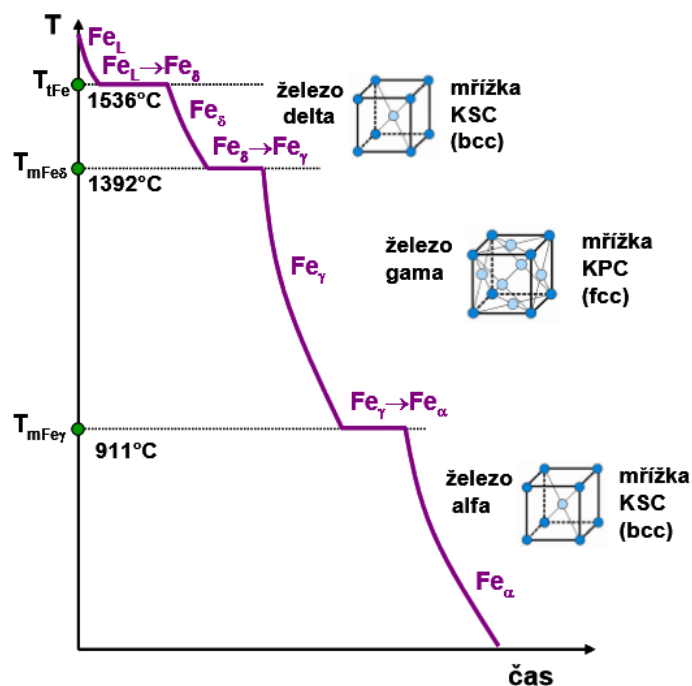
Železo  $\alpha$  ( $\text{Fe}_\alpha$ ) má nízkoteplotní modifikaci s mřížkou kubickou prostorově centrovanou (bcc - body central cubic). Modifikace je stálá pod teplotou 911 °C.  $\text{Fe}_\alpha$  má důležitou vlastnost a to, že do teploty 760 °C má feromagnetické vlastnosti a po překročení této teploty, které se říká Curieho bod, ztrácí své vlastnosti a stává se paramagnetickým [5].

Železo  $\gamma$  ( $\text{Fe}_\gamma$ ) má mřížku kubickou plošně centrovanou (fcc - face central cubic). Modifikace je stálá v teplotním intervalu 1392 – 911 °C. V této modifikaci má železo snadnou tvárnost [5].

Železo  $\delta$  ( $\text{Fe}_\delta$ ) je vysokoteplotní modifikace železa a má mřížku kubickou prostorově centrovanou (bcc). Modifikace je stálá v teplotním intervalu 1536 – 1392 °C [5].

Železo se používá k produkci jiných slitin, zejména ocelí [2].





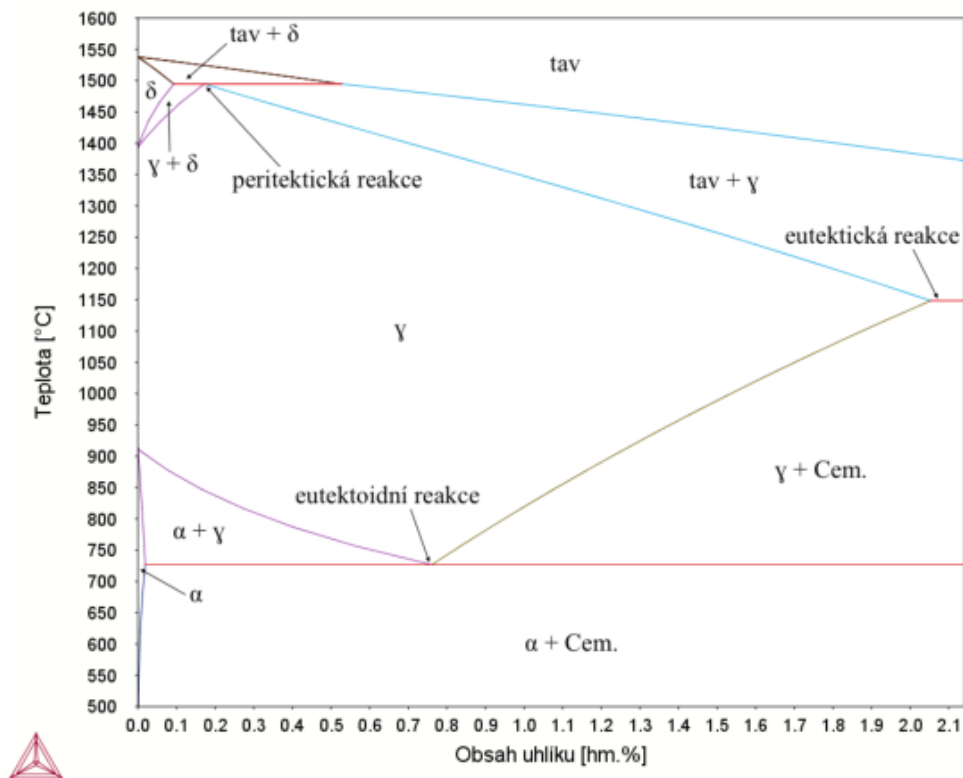
*Obrázek 1: Krystalové modifikace čistého železa – křivka chladnutí [4].*

### 3.1.2. Diagram Fe-C

V binárním diagramu železo-uhlík lze podle obsahu uhlíku a teploty zjistit fázové a strukturní přeměny v technickém železe. Uhlík se rozpouští pouze v malém množství v každé modifikaci železa. Uhlík tvoří s železem tzv. intersticiální tuhý roztok, tzn., že atomy uhlíku se nacházejí v meziatomových prostorech krystalové mřížky v každé modifikaci železa [2, 5].

Podle typu vyloučení uhlíku jsou rozeznávány dva typy rovnovážného diagramu železo-uhlík. Prvním typem je diagram metastabilní soustavy Fe-Fe<sub>3</sub>C (obrázek 2), kdy je uhlík přítomen ve formě cementitu. Tento diagram bude základem této bakalářské práce, protože podle chování tohoto systému lze usuzovat chování složitějších systémů a to také multikomponentních, jako jsou např. oceli. Druhým typem je diagram stabilní soustavy Fe-C, kdy je uhlík přítomný ve formě grafitu [2, 5].

Na svislé ose metastabilního diagramu Fe-Fe<sub>3</sub>C (obrázek 2) je teplota. Na vodorovné ose je obsah uhlíku. Slitiny s obsahem uhlíku do 2,14% jsou označovány jako oceli, nad touto hodnotou se označují litiny.



**Obrázek 2:** Metastabilní diagram  $Fe-Fe_3C$  [6].

V diagramu  $Fe-Fe_3C$  se vyskytují 4 jednofázové oblasti [5].

- Tavenina.
- $\delta$ -ferit.
- $\alpha$ -ferit.
- Austenit.

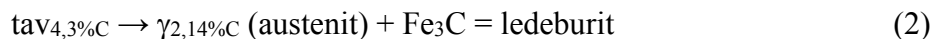
V metastabilní soustavě probíhají 3 důležité reakce [5]:

- Peritektická reakce, při teplotě 1499 °C.
- Eutektická reakce, při teplotě 1147 °C.
- Eutektoidní reakce, při teplotě 727 °C.

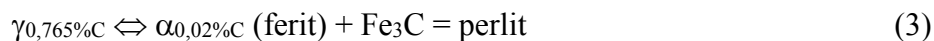
Při **peritektické reakci** dochází k přeměně taveniny a tuhého roztoku  $\delta$  na tuhý roztok  $\gamma$ , tzv. austenit, reakce probíhá podle rovnice [5]:



Při **eutektické reakci** dochází k tuhnutí taveniny na směs tuhého roztoku  $\gamma$  a cementitu (není znázorněno na obrázku 2) [5].



Při **eutektoidní reakci** dochází k přeměně tuhého roztoku  $\gamma$  na  $\alpha$ -ferit a cementit [5].



### 3.1.3. Oceli

**Oceli** jsou komplexní (složitě) slitiny železa s obsahem uhlíku do 2,14 hm. %. Změnou množství uhlíku a dalších doprovodných prvků se mění mechanické, fyzikální, chemické a technologické vlastnosti oceli. Mezi užitečné prvky patří Mn, Cr, V, Si, Ni, Co a další. Prvky, které mají nežádoucí vliv, jsou označovány jako nečistoty a patří mezi ně As, P, S, Cu, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> [2].

Oceli mají největší význam v technickém průmyslu, jelikož máme stovky druhů oceli, které mají velký rozsah využití [2]. Oceli lze rozdělit např. následujícím způsobem:

#### **Druhy ocelí podle použití:**

- Konstrukční.
- Se zvláštními vlastnostmi (chirurgické oceli).
- Nástrojové.

#### **Druhy ocelí podle chemického složení:**

- Uhlíkové (90% ocelí) – hlavní přísadou je uhlík [2].
- Slitinové (10% ocelí) – vyznačují se větším obsahem přísadových prvků, než udává smluvní hranice [2].

#### **Druhy ocelí podle toho, kde se nachází v metastabilním diagrame Fe-Fe<sub>3</sub>C vzhledem k eutektoidní reakci:**

- Podeutektoidní
- Nadeutektoidní

### 3.2. Chrom

**Chrom** je nejvíce rozšířený prvek pro legování ocelí. Asi 85% vytěžených chromových rud se používá v metalurgickém průmyslu na výrobu nerezavějících ocelí, legovaných ocelí a nástrojových ocelí. Do ocelí a litin se dodává pro zvýšení odolnosti proti oxidaci a pro zvýšení pevnosti při vyšší teplotě [10].

Chrom je stříbrolesklý kov. V periodické tabulce se nachází v VI.B skupině přechodných kovů [7].

Jeho předností je křehkost a velmi vysoká tvrdost, taje při velmi vysoké teplotě, která je 1907 °C a bod varu je při 2672 °C [8]. Při běžné teplotě si chrom zachovává svou stálost, proto se využívá mimo jiné k ochraně povrchu, ne tak stálých kovů.

Slitiny Fe – C s chromem se díky své vysoké teplotě tání, tepelné roztažnosti a stabilní krystalické struktuře využívá v žáruvzdorném průmyslu [9].

Chrom snadno vytváří tvrdé a stabilní karbidy jako jsou  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ,  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  a  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ . Díky tomu jsou chromované oceli tvrdé, odolávají opotřebení a neměknou. Při výrobě slitin se přidáním chromu vytváří tvrdý povrch zabráňující také korozi [2, 10].

Chrom snižuje teplotu ukončení transformace  $\alpha \rightarrow \gamma$  ( $T_{\alpha \rightarrow \gamma, E}$ ), teplotu solidu ( $T_S$ ), likvidu ( $T_L$ ) a teplotu peritektické transformace ( $T_P$ ). Naopak zvyšuje teplotu počátku transformace  $\alpha \rightarrow \gamma$  ( $T_{\alpha \rightarrow \gamma, S}$ ).

### 3.3. Tepelná kapacita

**Tepelná kapacita** je základní fyzikální veličina, která má v termodynamice důležitou roli [11].

Tepelnou kapacitu látky popisujeme jako množství tepla, které je třeba dodat, aby se těleso ohřálo o 1 °C, respektive o 1 K. Čím vyšší je tepelná kapacita, tím více tepla je potřeba dodat na její ohřátí [11]. Tepelná kapacita se značí  $C$  a její jednotka je  $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Rozdělujeme ji na střední tepelnou kapacitu a pravou tepelnou kapacitu látek.

**Střední tepelná kapacita  $\bar{C}$**  poskytuje informaci o množství tepla  $Q$ , které dodáme do soustavy, aby se soustava ohřála z teploty  $T_1$  na  $T_2$ . Je definována následujícím vztahem [11, 12, 13]:

$$\bar{C} = \frac{Q}{T_2 - T_1} = \frac{Q}{\Delta T} \quad [\text{J} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (4)$$

Jelikož hodnota střední tepelné kapacity  $\bar{C}$  je závislá na rozdílu teplot  $T_2 - T_1$  je zavedena **pravá tepelná kapacita  $C$** , která se limitně blíží střední tepelné kapacitě pro velmi malé (diferenciální) změny dodaného množství tepla  $\delta Q$ , které způsobí velmi malou změnu teploty soustavy  $dT$  [11, 13].

$$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{Q}{\Delta T} = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \bar{C} = \frac{\delta Q}{dT} \quad [\text{J} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (5)$$

Vzájemný vztah mezi  $\bar{C}$  a  $C$ , lze vyjádřit touto rovnicí [11, 13]:

$$\bar{C} = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} C dT \quad [\text{J} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (6)$$

Tepelné kapacity lze definovat pro konstantní tlak  $C_p$  nebo konstantní objem  $C_V$ . Následně je lze definovat následujícími rovnicemi [11, 12]:

$$C_p = \frac{dQ_p}{dT} \quad [\text{J} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (7)$$

$$C_V = \frac{dQ_V}{dT} \quad [\text{J} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (8)$$

kde výraz  $dQ_p$  značí velmi malé množství tepla dodaného do soustavy za konstantního tlaku, které způsobí velmi malou změnu teploty soustavy  $dT$  a  $dQ_V$  značí velmi malé množství tepla dodaného do soustavy za konstantního objemu, které způsobí velmi malou změnu teploty soustavy  $dT$ .

Při dodání tepla pevným nebo kapalným látkám je objemová změna velmi malá, pak tedy lze předpokládat, že [11, 15]:

$$C_p \cong C_V \quad [\text{J} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (9)$$

Obě výše definované tepelné kapacity soustavy patří do skupiny extenzivních veličin, to znamená, že závisí na velikosti soustavy. Pokud chceme vyloučit vliv velikosti soustavy, vztahujeme jednotlivé druhy tepelné kapacity na jednotku hmotnosti nebo na jednotku

látkového množství látky. Tím dostaneme specifické (měrné) tepelné kapacity  $c$  látek a molární tepelné kapacity  $C_m$  látek [11, 14].

**Měrná tepelná kapacita**, tepelná kapacita vztažena na jednotku hmotnosti, je množství tepla potřebné k ohřátí 1 kilogramu látky o 1 teplotní stupeň. Je definována tímto vztahem [11, 14]:

$$C = \frac{1}{m} \cdot \frac{dQ}{dT} \quad [\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}] \quad (10)$$

**Molární tepelná kapacita**, tepelná kapacita vztažena na jednotku látkového množství, je množství tepla potřebné k ohřátí jednoho molu látky o jeden teplotní stupeň. Je definována vztahem [11, 14]:

$$C_m = \frac{1}{n} \cdot \frac{dQ}{dT} \quad [\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}] \quad (11)$$

Tyto tepelné kapacity jsou už veličiny intenzivní, tedy nezávisí na velikosti soustavy [11, 15].

### 3.4. Teoretické stanovení tepelné kapacity

**Tepelnou kapacitu** lze stanovit teoreticky, například na základě empirických pravidel a vztahů nebo pomocí termodynamických výpočetních programů [15].

Experimentální měření tepelných kapacit bývá časově i materiálně nákladné, proto se využívají empirické vzorce. Nejčastěji se používá Dulong-Petitovo a Neumann-Koppovo pravidlo.

**Dulong-Petitovo pravidlo** platí pro prvky v pevném stavu. Vědci Dulong a Petit experimentálně přišlo na to, že molové tepelné kapacity  $C_{p,m}$  a  $C_{V,m}$  látek jsou přibližně stejné, vzhledem k jejich objemové roztažnosti, potom platí [11, 16]:

$$C_{p,m} \approx C_{V,m} = 3R \quad [\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}] \quad (12)$$

$R$  je molární plynová konstanta, její hodnota je  $8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$  a pro všechny látky zůstává stejná.

Jelikož oceli nejsou chemicky čisté látky, nelze Dulong-Petitovo pravidlo používat. Pro ocel platí **Neumann-Koppovo pravidlo**. To nám říká, že molární tepelné kapacity tuhých sloučenin se rovnají součtu molárních tepelných kapacit prvků, ze kterých se skládají [11, 16].

$$C_{p,m}^{A_xB_y} = x \cdot C_{p,m}^A + y \cdot C_{p,m}^B \quad [\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}] \quad (13)$$

kde  $x$ ,  $y$  jsou molární zlomky jednotlivých složek A a B.

Tepelné kapacity látek závisí na teplotě. Tato závislost se vyjadřuje pomocí empirických vzorců ve tvaru mocninné řady [15, 16].

$$C_{p,m} = a + bT + cT^2 + dT^{-2} \quad [\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}] \quad (14)$$

kde  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  jsou empirické konstanty charakteristické pro každou látku, zjištěné z experimentálního měření při konstantním tlaku nebo objemu, lze je najít ve fyzikálně-chemických tabulkách,  $T$  je termodynamická teplota v Kelvinech.

Kromě využití empirických vzorců lze tepelnou kapacitu vypočítat pomocí termodynamických softwarů pro vícesložkové soustavy. Nejčastěji používané software jsou Thermo-Calc [17], FactSage [18], Pandat [19] a MTDData [20].

Programy se od sebe liší uživatelským nebo grafickým rozhraním a možnostmi hledat optimální hodnoty. Programy pracují na bázi metody CALPHAD (Computer Coupling Phase Diagrams and Thermochemistry), která je do nich implementována [21].

Metodu **CALPHAD** lze aplikovat pro řešení fázových rovnováh a termochemických vlastností vícesložkových soustav. Pracuje na principu postupného modelování jednodušších a poté komplikovanějších systémů. Vyhledává minimální hodnoty Gibbsovy energie za konstantní teploty, tlaku a chemického složení fází. Pro řešení využívá integrální nebo diferenciální podmínky fázové rovnováhy. Pokud aplikujeme integrální podmínky fázové rovnováhy, dojde k minimalizaci celkové Gibbsovy energie soustavy. Při aplikaci diferenciální podmínky fázové rovnováhy jde o řešení soustavy nelineárních rovnic, kdy musí platit zákon zachování hmoty, náboje a stechiometrie. Nejvýznamnějšími výstupy metody CALPHAD jsou závislosti změny entalpie vzorku na teplotě a fázový diagram zkoumaného vzorku. Derivací entalpie lze získat hodnoty tepelné kapacity [17, 22].

SW Thermo-Calc patří k nejvíce využívaným termodynamickým výpočetním programům. Byl vyvinut pro termodynamické, fázové rovnováhy a výpočty fázových diagramů u vícesložkových systémů. Je to rychlý nástroj také pro získání tepelných kapacit,

není však stoprocentně spolehlivý a bývají značné rozdíly mezi experimentálními a vypočítanými hodnotami, hlavně v oblasti fázových přeměn pro složitější systémy [17, 23]. SW Thermo-Calc vychází z binárních a ternárních soustav, kde bývá shoda celkem dobrá, pro vícesložkové soustavy to jsou už jen aproximace těchto soustav.

Výpočet tepelné kapacity pro SW Thermo-Calc je počítán jako derivace entalpie podle teploty:

$$C_p = \frac{dH}{dT} \quad [\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}]$$

Software se používá pro různé výpočty, např. pro [17]:

- Fázové diagramy.
- Stablní a metastablní heterogenní fázové rovnováhy.
- Množství fází a jejich chemické složení.
- Transformační teploty (teploty likvidu a solidu a další).
- Tepelné kapacity.
- Entalpie a další.

V bakalářské práci byl pro teoretický výpočet tepelné kapacity slitin využit SW Thermo-Calc s implementovanou metodou CALPHAD.

SW Thermo-Calc používá pro výpočty mnoho různých databází, které v sobě obsahují termodynamické údaje určitých materiálů. Databáze TCFE8, která obsahuje údaje o ocelích a litinách, byla použita v rámci této bakalářské práce [17].

Teoretické výpočty tepelných kapacit jsou rychlé a levné pro získání výsledků, ale měli bychom počítat s tím, že nemusí být přesné. Proto je nutné je ověřovat experimentálním stanovením [6].

### 3.5. Metody termické analýzy

Pod pojmem termická analýza lze zahrnout souhrn metod, při kterých jsou pozorovány změny vlastností vzorku v závislosti na čase nebo teplotě [24].

Jsou sledovány fyzikální, chemické a fyzikálně-chemické vlastnosti (hmotnost, objem, teplota). Jednotlivé metody termické analýzy mají nejčastěji odvozen název od sledované veličiny [25].



Mezi nejvíce používané metody patří termogravimetrie (TG), diferenční termická analýza (DTA) a diferenční skenovací kalorimetrie (DSC). Dalšími užívanými metodami jsou přímá termická analýza a dilatometrie [25].

V tabulce 1 jsou uvedené základní metody [25].

**Tabulka 1:** Základní metody termické analýzy

Metoda	Sledovaná vlastnost	Označení
Termogravimetrická analýza	Změna hmotnosti	TG
Diferenční termická analýza	Rozdíl teplot	DTA
Diferenční skenovací kalorimetrie	Teplo	DSC
Přímá termická analýza	Teplota v závislosti na čase	-
Dilatometrie	Změna délky	-

### 3.6. Experimentální stanovení tepelné kapacity

Pro experimentální stanovení tepelné kapacity se používají nejčastěji metody termické analýzy (v této práci byla použita metoda DSC v módu „continuous“).

#### 3.6.1. Metoda DSC

Diferenční skenovací kalorimetrie (DSC - Differential Scanning Calorimetry) je metoda termické analýzy, při které se studují tepelné vlastnosti vzorku. Metoda je často používána pro určení teplot fázových přeměn, např. teplot tání nebo tepelné kapacity [26].

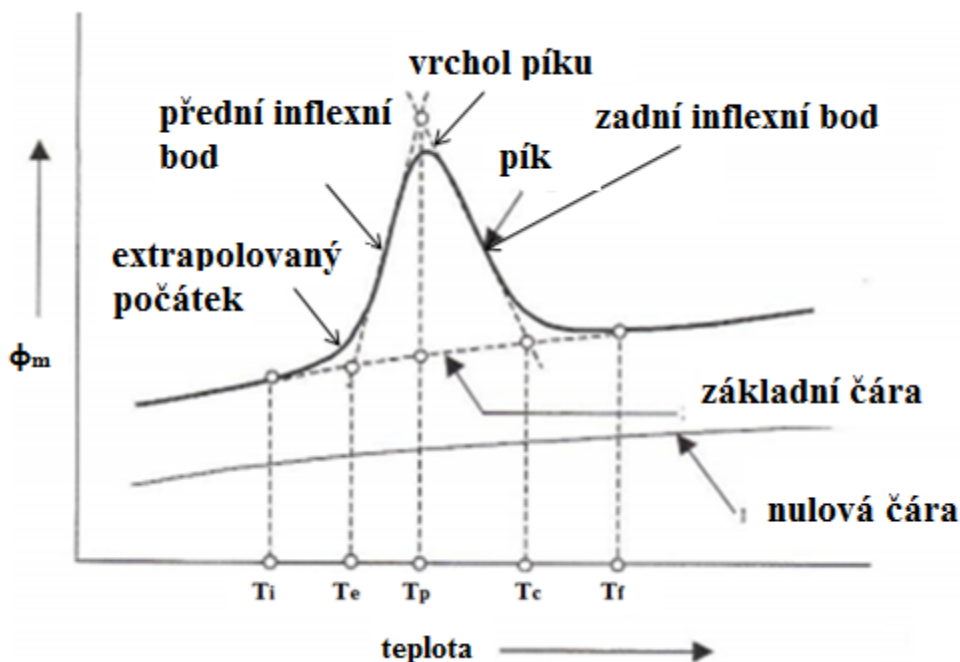
Principem metody měření je rozdíl (diference) tepelného toku mezi vzorkem a referencí, který je úměrný teplotnímu rozdílu mezi vzorkem a referencí.

Pod pojmem DSC, se z historického hlediska, skrývá více skupin metod termické analýzy, jednou z nich je DSC s tepelným tokem označována jako hf-DSC (heat-flux). Principem je měření teplotního rozdílu mezi vzorkem a referencí. Vzorek a reference jsou umístěny v jedné peci na samostatných teplotních čidlech (rozdíl tepelných toků je úměrný rozdílu teploty mezi vzorkem a referencí). Pomocí DSC lze získat, na základě entalpické kalibrace latentní tepla fázových transformací a také tepelné kapacity vzorků v závislosti na teplotě [25]. Výsledkem provedené DSC analýzy je tzv. DSC křivka (probíhá-li

v předmětném teplotním rozmezí dostatečně tepelně zabarvený děj (např. tání), projeví se tento děj píkem).

Pomocí DSC křivek lze posuzovat (obrázek 3) [25]:

- Probíhá-li exotermní nebo endotermní děj v dané oblasti.
- Dále např. možný vliv pecní atmosféry.
- Fázové přechody.



**Obrázek 3:** Křivka DSC [25].

Základní popis DSC křivky (píku na DSC křivce) uvádí obrázek 3, kde:

$T_i$  - nastavený počátek píku (operátorem) a  $T_f$  – nastavený konec píku (ukončení operátorem)

### 3.6.2. Vliv experimentálních podmínek

Při experimentálním měření je potřeba dbát na možný velký vliv různých faktorů na získávané hodnoty. Patří sem zejména tyto faktory:

- **Instrumentální vlivy** – jsou dány výrobou, takže se těžko ovlivňují (např. konstrukce pece).
- **Vliv experimentálních podmínek** – patří sem hmotnost vzorku, rychlost ohřevu, ochlazování, samotný materiál referenčního vzorku.

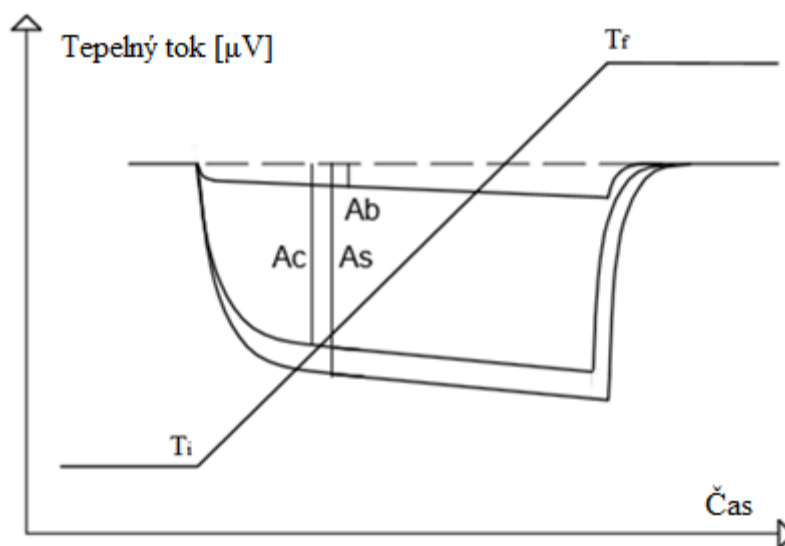
- **Vliv fyzikálních a chemických vlastností vzorku** – závisí na způsobu přípravy vzorku, krystalické struktuře, umístění vzorku v kelímku.

### 3.6.3. Metoda „continuous“

Tato metoda je jednou z nejpoužívanějších na získávání tepelných kapacit.

Metoda „continuous“ spočívá v uskutečnění tří měření. Jako první se provádí měření tzv. „blank“ s prázdným měřicím i srovnávacím kelímkem. Druhé měření je provedeno se standardem o známé hmotnosti  $m_c$  a známé tepelné kapacitě  $C_{pc}$ , který je uložen v měřicím kelímku, zatímco srovnávací kelímek je prázdný. Nakonec se provádí třetí měření s použitím vlastního vzorku např. oceli o známé hmotnosti  $m_s$ , který je umístěn v měřicím kelímku a srovnávací kelímek je opět prázdný [27].

Teplotní program a veškeré podmínky (atmosféra, kelímky, množství protékajícího plynu) jsou pro všechny tři měření stejné. Měření se skládá z izotermní výdrže při počáteční teplotě  $T_i$ , následované ohřevem při konstantní rychlosti ohřevu na konečnou teplotu  $T_f$ , při které je systém opět nějakou dobu udržován. Nastavený teplotní program a výsledné křivky prezentuje obrázek 4 [27].



**Obrázek 4:** Schématické znázornění metody „continuous“ [27].

Hodnotu tepelné kapacity lze vypočítat podle vztahu [27]:

$$C_p = C_{pc} \cdot \frac{m_c \cdot (A_s - A_b)}{m_s \cdot (A_c - A_b)} \quad (15)$$

kde:  $C_p$  – tepelná kapacita měřeného vzorku [ $\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]

$C_{pc}$  – tepelná kapacita standardu [ $\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]

$m_c$  – hmotnost standardu [g]

$m_s$  – hmotnost vzorku [g]

$A_b$  – amplituda blanku [ $\mu\text{V}$ ]

$A_c$  – amplituda standardu [ $\mu\text{V}$ ]

$A_s$  – amplituda vzorku [ $\mu\text{V}$ ]

Výhoda této metody, v porovnání s jinými metodami, je v tom, že poskytuje velmi dobré výsledky v relativně krátkém čase a je energeticky méně náročná [27].

Tato metoda byla použita v této bakalářské práci na získání tepelných kapacit.

## 4. Experimentální část

V rámci experimentální části byly připraveny ve vakuové indukční peci modelové slitiny Fe-C-Cr o přesně definovaném složení. V odpovídající formě byly následně analyzovány metodou hf-DSC v módu „continuous“ s využitím zařízení MHTC 96 Line.

### 4.1. Experimentální materiál

Jako experimentální materiál pro bakalářskou práci byly připraveny tři modelové slitiny se značením A, B a C se stejným obsahem uhlíku 0,34 hm.% a odstupňovaným obsahem chromu v rozmezí 0,92 – 4,76 hm.%. Chemické složení slitin je uvedeno v tabulce 2. Chemické složení materiálu bylo stanoveno v laboratoři elementární analýzy. V laboratoři se nacházejí přístroje ELTRA CS – 2000, ELTRA ONH – 2000 pro měření obsahů uhlíku, síry, dusíku, kyslíku a vodíku. Celkové složení slitin bylo zjištěno pomocí zařízení Spectruma Analytik GMBH (model GDA 750). Jednotlivé slitiny byly připraveny na katedře nebo v rámci spolupráce s katedrou metalurgie a slévárenství ve vakuové indukční peci LEYBOLD HERAUS z 3kg ingotu. Z ingotu byly vzorky nařezané a vysoustružené na velikost vhodnou pro analýzu.

*Tabulka 2: Chemické složení modelových slitin*

Modelové slitiny	C	Cr	Ni	P	Mn	Al	Cu	Co	B	W	Zr
	hm. %										
<b>A</b>	<b>0,344</b>	<b>0,924</b>	0,001	0,005	0,056	0,010	0,007	0,013	0,001	-	-
<b>B</b>	<b>0,342</b>	<b>2,970</b>	0,002	0,004	0,050	0,008	0,007	0,020	0,002	0,024	0,004
<b>C</b>	<b>0,340</b>	<b>4,760</b>	0,001	0,002	0,042	0,004	0,005	0,010	<0,010	0,044	0,004

Pro samotnou DSC analýzu byl materiál připraven ve tvaru tyčinek o průměru 5 mm a z těchto tyčinek byly nařezány válečky s výškou 8 mm a hmotnosti cca 1200 – 1250 mg (obrázek 5 a 6). Dále byly válečky mechanicky obroušeny, aby byly zarovnané a bez otřepů. Nakonec byly vzorky očištěné v acetonu za současného působení ultrazvuku.



*Obrázek 5: Vzorek s vyobrazenou změřenou výškou.*



*Obrázek 6: Vzorek s vyobrazeným změřeným průměrem.*

## 4.2. Experimentální zařízení

Pro experimentální měření tepelných kapacit v rozmezí teplot 150 – 1580 °C byl použit vysokoteplotní kalorimetr Setaram MHTC 96 (Multi High-Temperature Calorimeter, obrázek 7) Line s 3D DSC senzorem. Pec je sestavena z grafitového topného tělesa, které umožňuje pracovat při vysokých teplotách: od teploty okolí až do 1600 °C. Rychlost ohřevu lze nastavit od 0,001 do 99 °C/min.

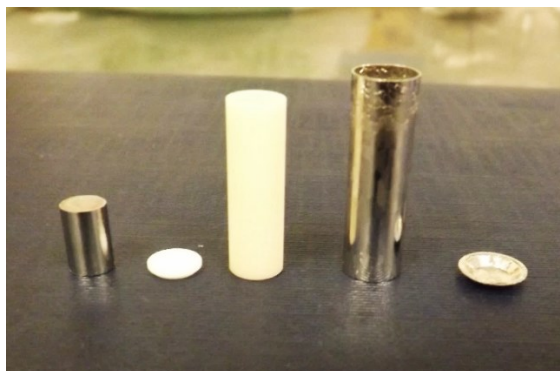
Přístroj je připojený k tlakovým lahvím. Jedna obsahuje helium s čistotou 6N, jako zajištění ochranného prostředí okolo vzorku. Druhá obsahuje argon s čistotou 5N, pro dosažení inertního prostředí pece v okolí grafitového topného tělesa. Důležité je také chlazení,

které je zajištěné proudící vodou. Zařízení je propojeno s počítačem obsahujícím program Calisto na řízení analýzy, sběr dat a vyhodnocování výsledků měření.

Při měření byla použita 3D DSC tyč typu „B“ (PtRh 6%/PtRh 30%), díky které je detekováno téměř veškeré uvolněné nebo pohlcené teplo z celého povrchu (objemu) vzorku. 3D senzor (tyč) je tvořena 2 otvory, do nichž je uložen platinový kelímek s platinovým víčkem a v něm je korundový kelímek („sleeve“) s korundovým víčkem. Kelímky, víčka a vzorek jsou znázorněny na obrázku 8. Referenční kelímek byl při měření vždy prázdný a kelímek pro vzorek byl při prvním měření také prázdný (jako první byl proveden blank) potom byl do kelímku pro vzorek vložen standard (Pt) a provedena analýza za stejných podmínek (nutné jako entalpická kalibrace zařízení) a jako třetí analýza bylo provedeno měření se samotným vzorkem v kelímku pro vzorek.



**Obrázek 7:** Vysokoteplotní kalorimetr Setaram MHTC 96 Line.



**Obrázek 8:** Zleva je vzorek, korundové víčko, korundový kelímek, platinový kelímek, platinové víčko.

### 4.3. Kalibrace

Na začátku měření je prováděna teplotní a entalpická kalibrace. Pro teplotní kalibraci byl vybrán standardní kov, pro nízkoteplotní oblast zlato (čistota 5N) a pro vysokoteplotní oblast nikl (čistota 5N). Naměřená teplota zlata byla 1065 °C (všeobecně uznávaná hodnota je 1064 °C), teplota niklu pro 3. zónu byla 1460 °C a pro 5. zónu 1457 °C (všeobecně uznávaná hodnota je 1455 °C).

**Teplotní kalibrace** spočívá v ověření (porovnání) naměřených a obecně uznávaných teplot tání standardního kovu. Rozdíl hodnot mezi obecně uznávanou a naměřenou teplotou tání standardu se přičítá nebo odčítá k experimentálně získané teplotě fázové transformace [29].

$$T_{FP} = T_{FP, E} \pm \Delta T \quad (16)$$

kde:  $T_{FP}$  – teplota fázové transformace

$T_{FP, E}$  – experimentálně získaná teplota fázové transformace

$\Delta T$  – teplotní rozdíl mezi obecně uznávanou a naměřenou teplotou standardu

Pro ověření opakovatelnosti a spolehlivosti získaných hodnot byla v této bakalářské práci získána směrodatná odchylka a variační koeficient.

**Směrodatná odchylka**  $s$  vyjadřuje, jaká je odchylka naměřených hodnot od aritmetického průměru. Lze ji vyjádřit vztahem [30]:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad [-] \quad (17)$$

kde  $x_i$  je určitá naměřená hodnota,  $\bar{x}$  je průměrná hodnota a  $n$  je počet hodnot.

**Variační koeficient**  $V$  nám říká, jaká je relativní velikost rozptýlenosti dat vzhledem k průměru. Popisuje ho vzorec [30]:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (18)$$

kde  $s$  je směrodatná odchylka a  $\bar{x}$  je průměrná hodnota. Jestliže variační koeficient překročí 50%, hodnoty nejsou brány jako správné [6].

**Relativní chyba** mezi experimentálně naměřenou a teoreticky vypočítanou hodnotou tepelné kapacity byla spočítána pomocí vzorce:

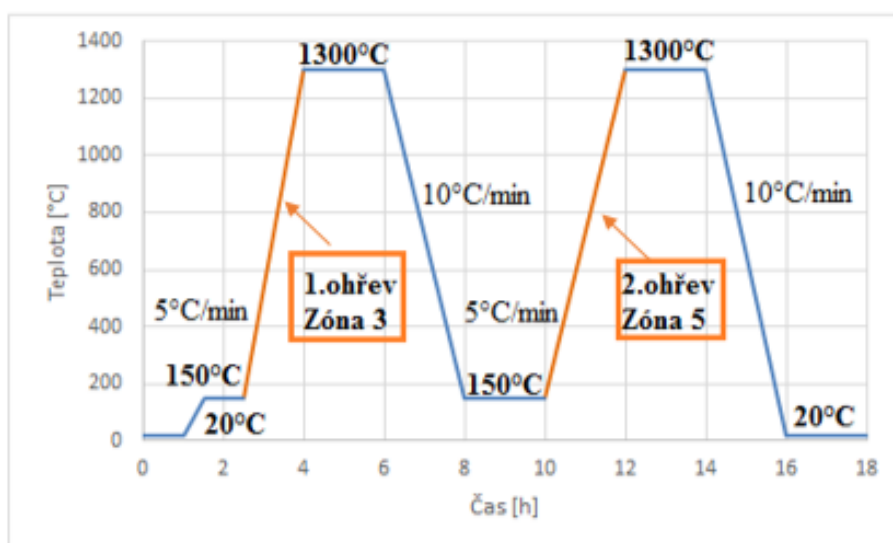
$$\Delta = 100 \cdot (|C_{p,exp} - C_{p,TC}| : C_{p,exp}) \quad [\%] \quad (19)$$



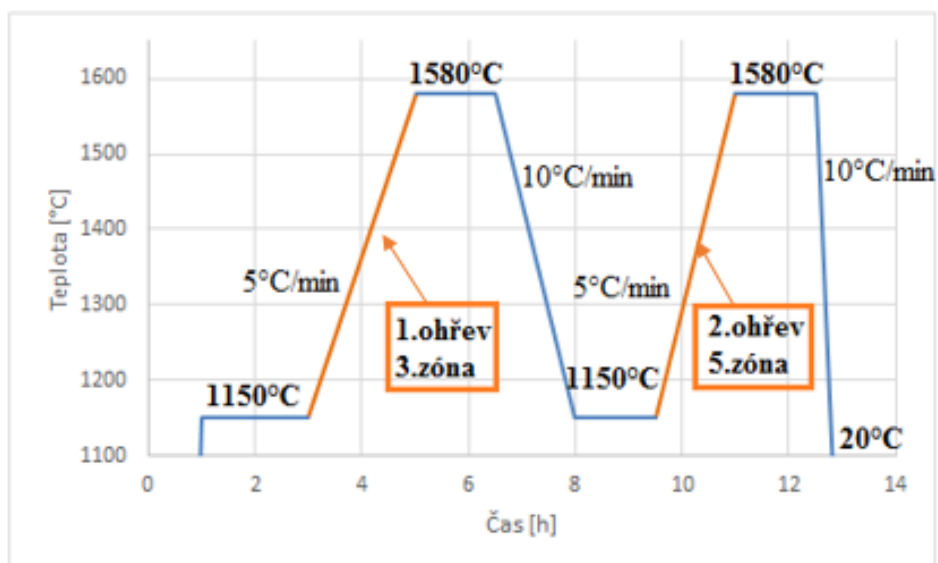
S pomocí **entalpické kalibrace** na tepla tání čistých kovů lze vypočítat latentní tepla fázových přeměn. S pomocí entalpické kalibrace, způsobem jako u metody continuous, lze získávat také tepelné kapacity materiálů, popř. změny entalpie.

#### 4.4. Podmínky experimentálního měření tepelných kapacit

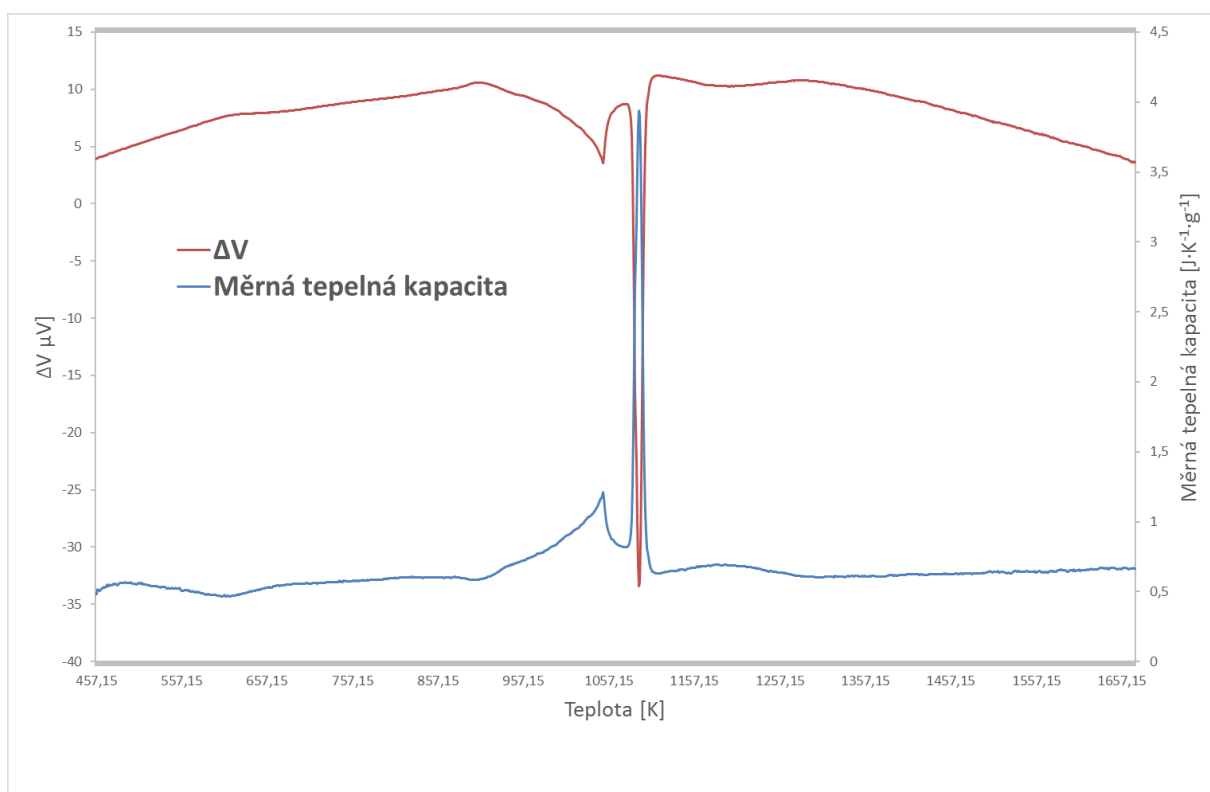
Před měřením byl nastavený v programu Calisto teplotní program pro nízkoteplotní nebo vysokoteplotní oblast. Před samotným nastavením režimu pro získání tepelných kapacit byl proveden proplach héliem v okolí vzorku, následovala evakuace, doplnění pecního prostoru opět héliem a krátkodobý proplach (tato procedura byla provedena celkem třikrát a to vždy při teplotě 20 °C). Přípravný režim spočíval dále v ohřevu na teplotu 150 °C (tepelnou kapacitu nám přístroj zaznamenal až od vyšší teploty), při které byl systém nějakou dobu stabilizován. Následný režim byl již nastaven pro samotné získávání hodnot tepelných kapacit. Měření probíhalo ve dvou cyklech se stejnými podmínkami měření. Počátek byl při teplotě 150 °C v nízkoteplotní oblasti nebo 1150 °C ve vysokoteplotní oblasti, po stabilizování teploty byl proveden ohřev vzorku rychlostí 5 °C/min do teploty 1300 °C v nízkoteplotní oblasti a do 1580 °C ve vysokoteplotní oblasti, následovala izotermní výdrž na konečné teplotě (1300 °C nebo 1580 °C). Z teploty 1300 °C (1580 °C) bylo provedeno ochlazování rychlostí 10°C/min. na počáteční teplotu měření (150 °C). Po tomto prvním cyklu následoval druhý cyklus ohřevu a ochlazování (ochlazování bylo provedeno až na teplotu 20 °C). Teplotní programy jsou uváděny na obrázku 9 a 10. Byly provedeny tři analýzy (za těchto podmínek) a to: blank, analýza se standardním materiálem (Pt, čistota 3N5, kalibrační měření). Třetí analýza byla provedena se samotným vzorkem. V průběhu měření byl zaznamenaný tepelný tok (resp. rozdíl napětí), ze kterého byla v programu Calisto vypočítaná „apparent heat capacity“ (zahrnuje teplo fázových přeměn). Na obrázku 11 je experimentálně získaný „tepelný tok“ ( $\Delta V$ ) a vypočítaná měrná tepelná kapacita vzorku  $C$  pro zónu ohřevu 3 v nízkoteplotní oblasti.



**Obrázek 9:** Teplotní program pro oblast 150 – 1300 °C.



**Obrázek 10:** Teplotní program pro oblast 1150 – 1580 °C.



**Obrázek 11:** Experimentálně získané  $\Delta V$  a vypočítaná měrná tepelná kapacita vzorku C pro zónu ohřevu 3 v rozmezí teplot 150 – 1300 °C.

## 5. Výsledky experimentálních měření a jejich diskuze

V této části bakalářské práce jsou shrnuty výsledky experimentálního a teoretického stanovení tepelných kapacit modelových slitin A, B a C v nízkoteplotní (150 – 1300 °C) i vysokoteplotní oblasti (1150 – 1580 °C) a jejich porovnání. Tepelné kapacity byly změřeny na přístroji Setaram MHTC 96 Line, metodou hf-DSC (Diferenční Skenovací Kalorimetrie) s použitím metody „continuous“.

### 5.1. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu A

Tepelná kapacita pro modelovou slitinu A byla stanovena experimentálně i teoreticky. Teoretický výpočet byl proveden pomocí SW Thermo-Calc s databází určenou pro oceli TCFE8. Do softwaru je potřeba zadat obsah prvků v hmotnostních procentech. Pro výpočet nebyly zahrnuty prvky, jako je O, N, P a S, které často způsobují problémy při výpočtech (výsledky jsou nereálné). Na experimentální stanovení byl použit vzorek s obsahem 0,34 hm.% C a 0,92 hm.% Cr, o průměru 5 mm, výšce 8 mm, a hmotnosti 1254,82 mg v nízkoteplotní oblasti a 1255,78 mg ve vysokoteplotní oblasti.

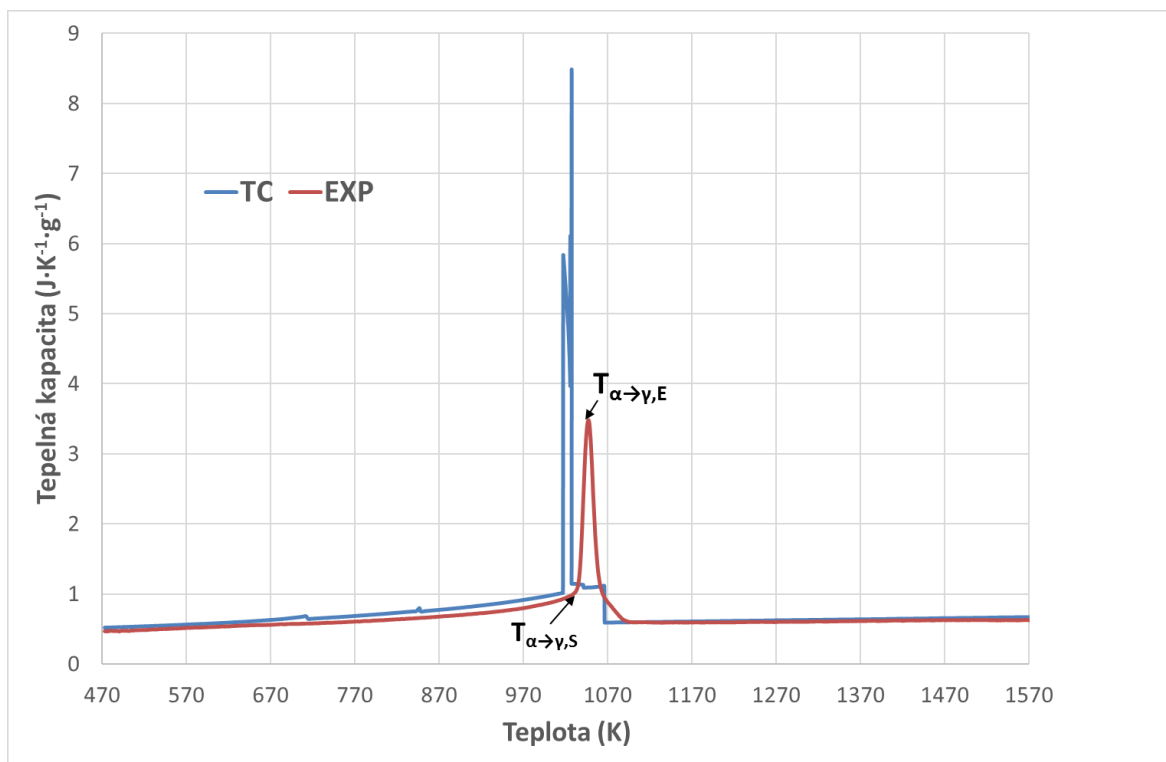
#### 5.1.1. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu A do 1300 °C

Z experimentálních hodnot získaných ve dvou zónách ohřevu byly vypočítány průměrné hodnoty a jsou uvedené v příloze 1 a 7 ( $C_{p, \text{exp.}}$ ). Byla vypočítána směrodatná odchylka, která je uvedena u hodnot  $C_{p, \text{exp.}}$  a variační koeficient. Pro porovnání jsou uvedeny i hodnoty tepelných kapacit získané pomocí SW Thermo-Calc ( $C_{p, \text{TC}}$ ). V posledních sloupcích jsou vypočítány relativní chyby mezi experimentálně zjištěnými hodnotami a teoretickými hodnotami.

Ze zjištěných hodnot byla sestrojena závislosti tepelné kapacity ( $C_{p, \text{exp.}}$  i  $C_{p, \text{TC}}$ ) na teplotě (obrázek 12).

Ze závislosti tepelné kapacity na teplotě je zřejmé, že v teplotním intervalu 473,15 – 1010,15K (150 – 737 °C) a 1100,15 – 1600,15K (827 – 1327 °C) má tepelná kapacita podobný trend. Hodnoty jsou v rozmezí 0,47 – 0,93 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup> (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc 0,50 - 1,00 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>). V rozmezí teplot 1023,15 – 1100,15K (750 – 827 °C) jsou viditelné významné změny v trendech u experimentálních i teoretických hodnot.

Hodnoty jsou v oblasti  $0,93 - 3,48 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc  $1,00 - 8,37 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Nejvyšší hodnota experimentálně zjištěné tepelné kapacity byla  $3,48 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc  $8,37 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ). V této oblasti probíhají fázové transformace, a to přeměna  $\alpha$ -feritu na austenit a magnetický přechod. Odlišnost experimentálních hodnot od teoretických může být vyvolána tím, že do SW Thermo-Calc byly zahrnuty jen některé prvky a počítá pro rovnovážné podmínky, zatímco experiment se k rovnováze jen blíží.



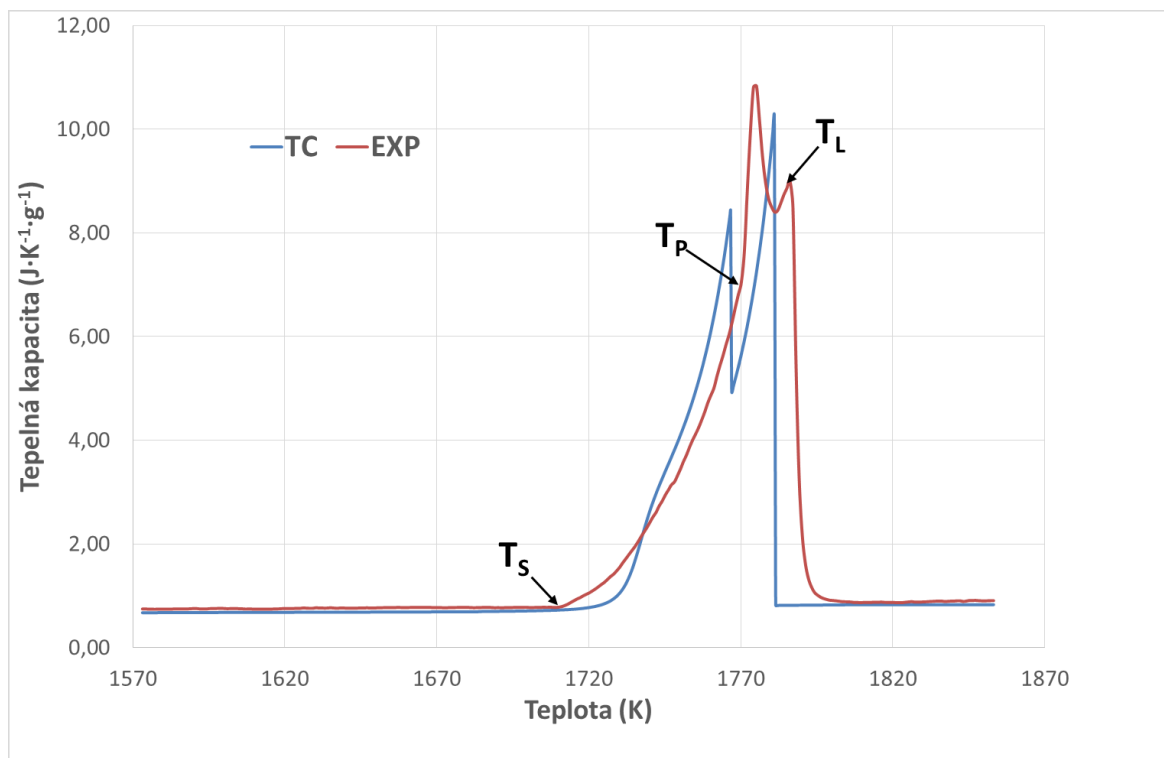
**Obrázek 12:** Porovnání experimentálních a teoretických hodnot kapacit pro modelovou slitinu A do 1300 °C.

Z grafické závislosti (obrázek 12 – nekorigované teploty) je zřejmé, že počátek transformace  $\alpha \rightarrow \gamma$  ( $T_{\alpha \rightarrow \gamma, S}$ ) pro modelovou slitinu A je 1035,15 K (762 °C). Ukončení transformace  $\alpha \rightarrow \gamma$  ( $T_{\alpha \rightarrow \gamma, E}$ ) je při teplotě 1047,15 (774 °C). Magnetický přechod (Curieho bod) nebyl detekovaný, ale ve slitině lze předpokládat, že probíhá, jen je překrytý tepelným efektem transformace  $\alpha \rightarrow \gamma$ .

### 5.1.2. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu A nad 1300 °C

Z experimentálních hodnot získaných ve dvou zónách ohřevu byly vypočítány průměrné hodnoty a jsou uvedené v příloze 2 a 8 ( $C_{p, \text{exp.}}$ ). Byla také vypočítána směrodatná odchylka a variační koeficient.

Ze zjištěných hodnot byla sestrojena závislost tepelné kapacity ( $C_{p, \text{exp.}}$  i  $C_{p, \text{TC}}$ ) na teplotě (obrázek 13). Zjištěné hodnoty tepelné kapacity jsou průměrem ze dvou měření.



**Obrázek 13:** Porovnání experimentálních a teoretických hodnot kapacit pro modelovou slitinu A nad 1300 °C.

Ze závislosti tepelné kapacity na teplotě lze pozorovat, že v teplotním intervalu 1473,15 – 1711,15K (1200 – 1438 °C) a 1809,15 – 1853,15K (1536 – 1580 °C) má tepelná kapacita stejný trend. Hodnoty jsou konstantní jak pro experimentální, tak i pro teoretické hodnoty a to  $0,75 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ . V rozmezí teplot 1711,15 – 1809,15K (1438 – 1536 °C) jsou vidět významné změny v trendech u experimentálních i teoretických hodnot. Hodnoty jsou v oblasti  $0,79 - 10,83 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc  $0,79 - 10,26 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ). Nejvyšší hodnota experimentálně zjištěné tepelné kapacity byla  $10,83 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc  $10,26 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ). V této oblasti modelová slitina taje (peritekticky).

Z grafické závislosti (obrázek 13 – nekorigované teploty) je zřejmé, že teplota solidu ( $T_s$ ) pro ocel A je 1722,15K (1449 °C), počátek peritektické transformace ( $T_p$ ) je 1774,15K (1501 °C), a teplota likvidu ( $T_L$ ) je 1789,15K (1516 °C).

## **5.2. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu B**

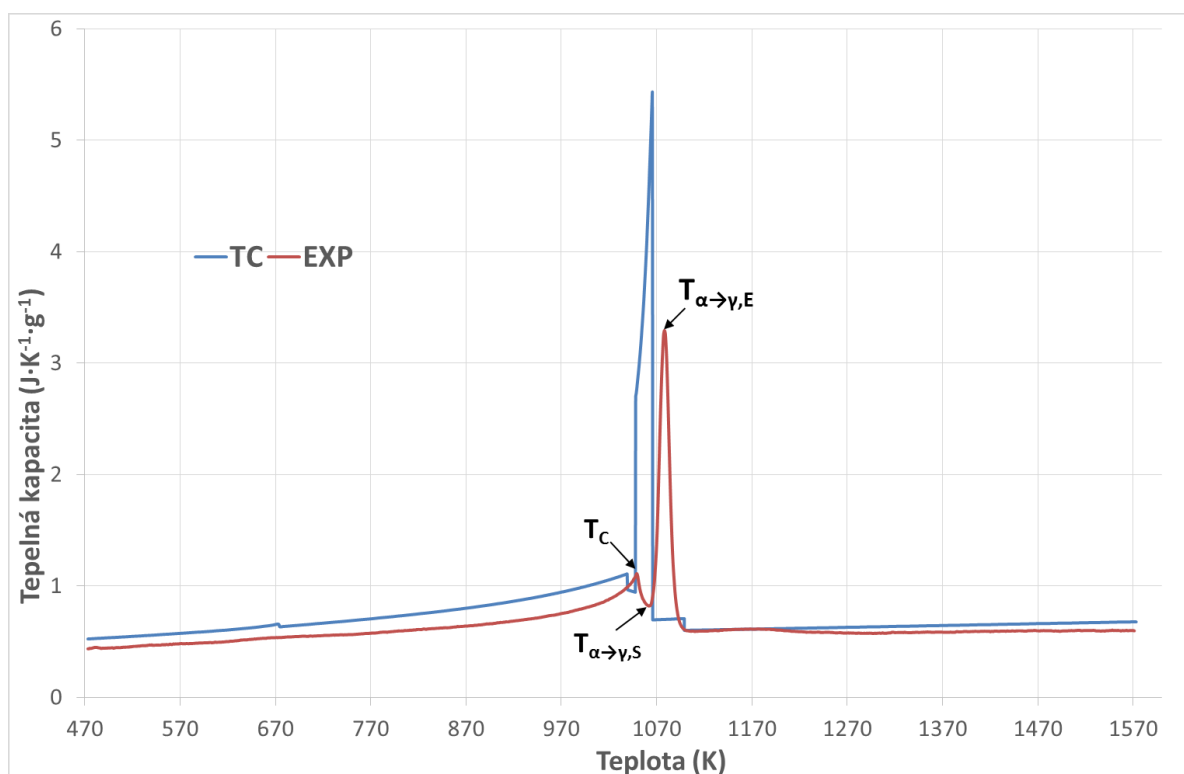
Tepelná kapacita pro modelovou slitinu B byla stanovena také experimentálně i teoreticky. Na experimentální stanovení byl použitý vzorek s obsahem 0,34 hm.% C a 2,97 hm.% Cr, o výšce 8 mm, průměru 5 mm a hmotnosti 1235,09 mg v nízkoteplotní oblasti a 1235,53 mg ve vysokoteplotní oblasti.

### **5.2.1. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu B do 1300 °C**

Z experimentálních hodnot získaných ve dvou zónách ohřevu byly vypočítány průměrné hodnoty a jsou uvedené v příloze 3 a 9 ( $C_{p, \text{exp.}}$ ). Byla také vypočítaná směrodatná odchylka a variační koeficient.

Ze zjištěných hodnot byla sestrojena závislost tepelné kapacity ( $C_{p, \text{exp.}}$  i  $C_{p, \text{TC}}$ ) na teplotě (obrázek 14). Zjištěné hodnoty tepelné kapacity jsou průměrem ze dvou měření.

Ze závislosti tepelné kapacity na teplotě je zřejmé, že v teplotním intervalu 473,15 – 1046,15K (150 – 773 °C) a 1105,15 – 1673,15K (832 – 1400 °C) má tepelná kapacita podobný trend. Hodnoty jsou v rozmezí 0,44 – 0,98 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup> (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc 0,50 – 1,70 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>). V rozmezí teplot 1046,15 – 1105,15K (773 – 832 °C) jsou vidět významné změny v trendech u experimentálních i teoretických hodnot. Hodnoty jsou v oblasti 0,60 – 3,29 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup> (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc 0,60 – 5,42 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>). Nejvyšší hodnota experimentálně zjištěné tepelné kapacity byla 3,29 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup> (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc 5,42 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>). V této oblasti probíhají fázové transformace, a to přeměna  $\alpha$ -feritu na austenit a magnetický přechod.



**Obrázek 14:** Porovnání experimentálních a teoretických hodnot kapacit pro modelovou slitinu B do 1300 °C.

Z grafické závislosti (obrázek 14 – nekorigované teploty) je zřejmé, že počátek transformace  $\alpha \rightarrow \gamma$  ( $T_{\alpha \rightarrow \gamma, S}$ ) pro modelovou slitinu B je 1069,15K (796 °C). Ukončení transformace  $\alpha \rightarrow \gamma$  ( $T_{\alpha \rightarrow \gamma, E}$ ) je při teplotě 1078,15K (805 °C). Dochází tady také k magnetickému přechodu (Curieho bod) při 1050,15K (777 °C).

### 5.2.2. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu B nad 1300 °C

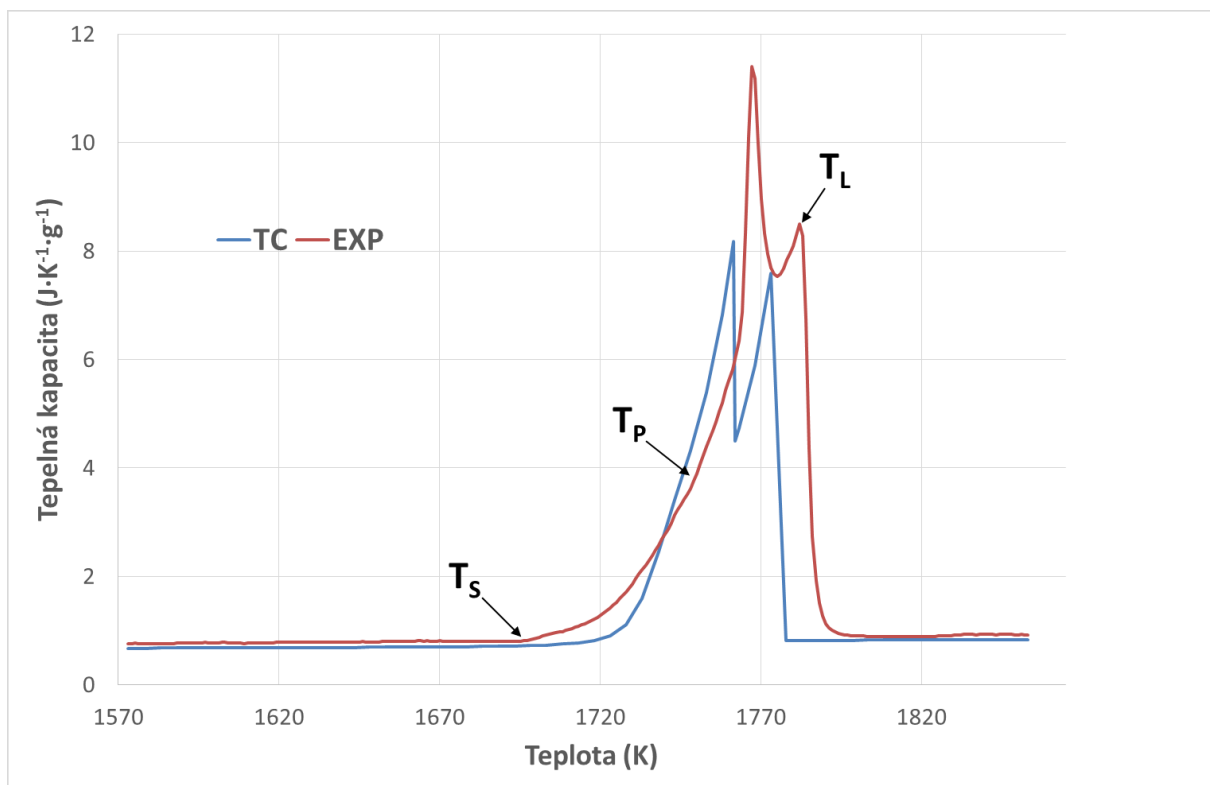
Z experimentálních hodnot získaných ve dvou zónách ohřevu byly vypočítány průměrné hodnoty a jsou uvedené do přílohy 4 a 10 ( $C_{p, \text{exp.}}$ ). Byla také vypočítána směrodatná odchylka a variační koeficient.

Ze zjištěných hodnot byla sestrojena závislost tepelné kapacity ( $C_{p, \text{exp.}}$  i  $C_{p, \text{TC}}$ ) na teplotě (obrázek 15). Zjištěné hodnoty tepelné kapacity jsou průměrem ze dvou měření.

Ze závislosti tepelné kapacity na teplotě je zřejmé, že v teplotním intervalu 1468,15 – 1698,15K (1985 – 1425 °C) a 1800,15 – 1853,15K (1527 – 1580 °C) má tepelná kapacita podobný trend. Hodnoty jsou v rozmezí 0,73 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup> (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc 0,67 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>). V teplotním intervalu 1698,15 – 1800,15K (1425 – 1527 °C)



jsou vidět významné změny v trendech u experimentálních i teoretických hodnot. Hodnoty jsou v oblasti  $0,82 - 11,41 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc  $0,80 - 9,84 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ). Nejvyšší hodnota experimentálně zjištěné tepelné kapacity byla  $11,41 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc  $9,84 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ). V této oblasti modelová slitina taje (peritekticky).



**Obrázek 15:** Porovnání experimentálních a teoretických hodnot kapacit pro modelovou slitinu B nad  $1300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Z grafické závislosti (obrázek 15 – nekorigované teploty) je zřejmé, že teplota solidu ( $T_s$ ) pro modelovou slitinu B je  $1717,15\text{K}$  ( $1444 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), počátek peritektické transformace ( $T_p$ ) je  $1767,15\text{K}$  ( $1494 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), a teplota likvidu ( $T_l$ ) je při  $1786,15\text{K}$  ( $1513 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

### 5.3. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu C

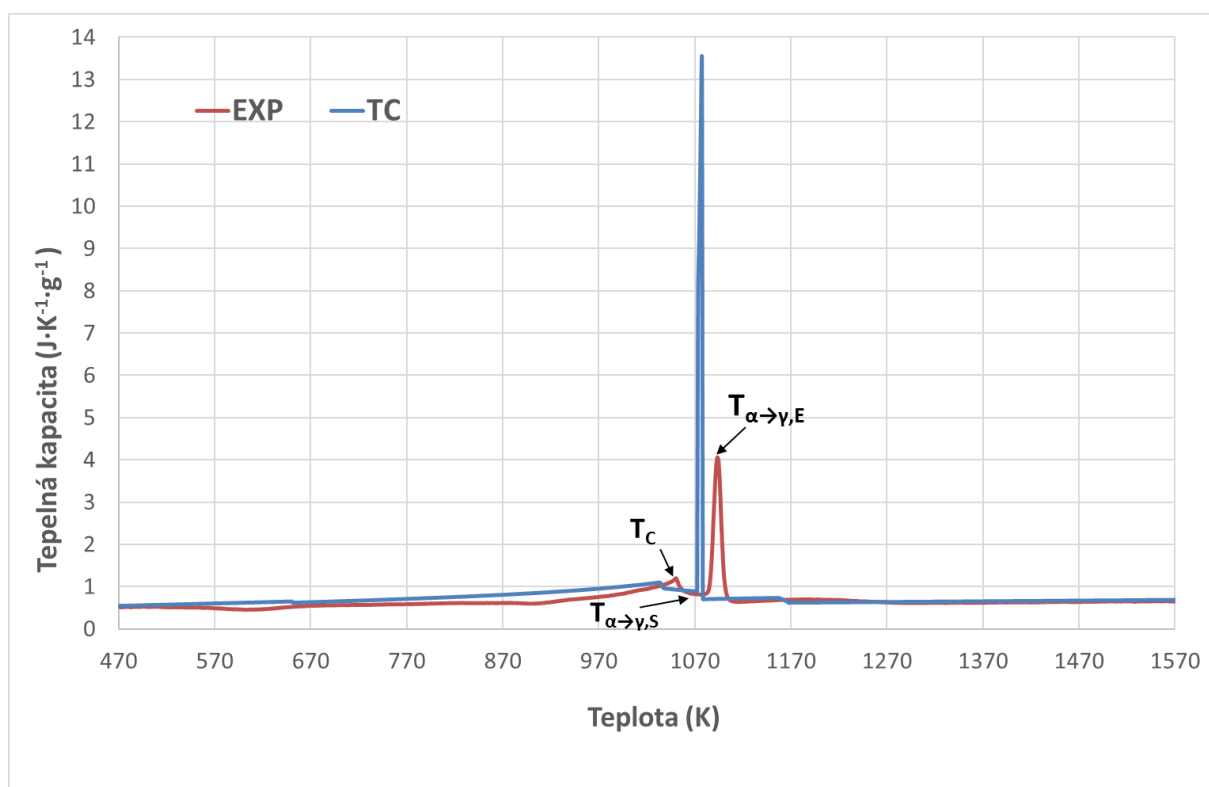
Tepelná kapacita pro modelovou slitinu C byla stanovena také experimentálně i teoreticky. Na experimentální stanovení byl použitý vzorek s obsahem  $0,34 \text{ hm.\% C}$

a 4,76 hm.% Cr, o výšce 8 mm, průměru 5 mm a hmotnosti 1202,038 mg v nízkoteplotní oblasti a 1232,6 mg ve vysokoteplotní oblasti.

### 5.3.1. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu C do 1300 °C

Z experimentálních hodnot získaných ve dvou zónách ohřevu byly vypočítány průměrné hodnoty a jsou uvedené v příloze 5 a 11 ( $C_{p, \text{exp.}}$ ). Byla také vypočítaná směrodatná odchylka a variační koeficient.

Ze zjištěných hodnot byla sestrojena závislost tepelné kapacity ( $C_{p, \text{exp.}}$  i  $C_{p, \text{TC}}$ ) na teplotě (obrázek 16). Zjištěné hodnoty tepelné kapacity jsou průměrem ze dvou měření.



**Obrázek 16:** Porovnání experimentálních a teoretických kapacit hodnot pro modelovou slitinu C do 1300 °C.

Ze závislosti tepelné kapacity na teplotě lze usoudit, že v teplotním intervalu 470,15 – 1040,15K (197 – 767 °C) a 1105,15 – 1573,15K (832 – 1300 °C) má tepelná kapacita podobný trend. Hodnoty jsou v teplotním intervalu 0,44 – 1,00 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup> (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc 0,54 – 1,00 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>). V rozmezí teplot 1040,15 – 1105,15K (767 – 832 °C) jsou zřejmé významné změny v trendech u experimentálních i teoretických hodnot. Hodnoty jsou v oblasti 1,00 – 4,07 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup> (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc 1,00 – 13,41 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>). Nejvyšší hodnota experimentálně zjištěné tepelné kapacity byla

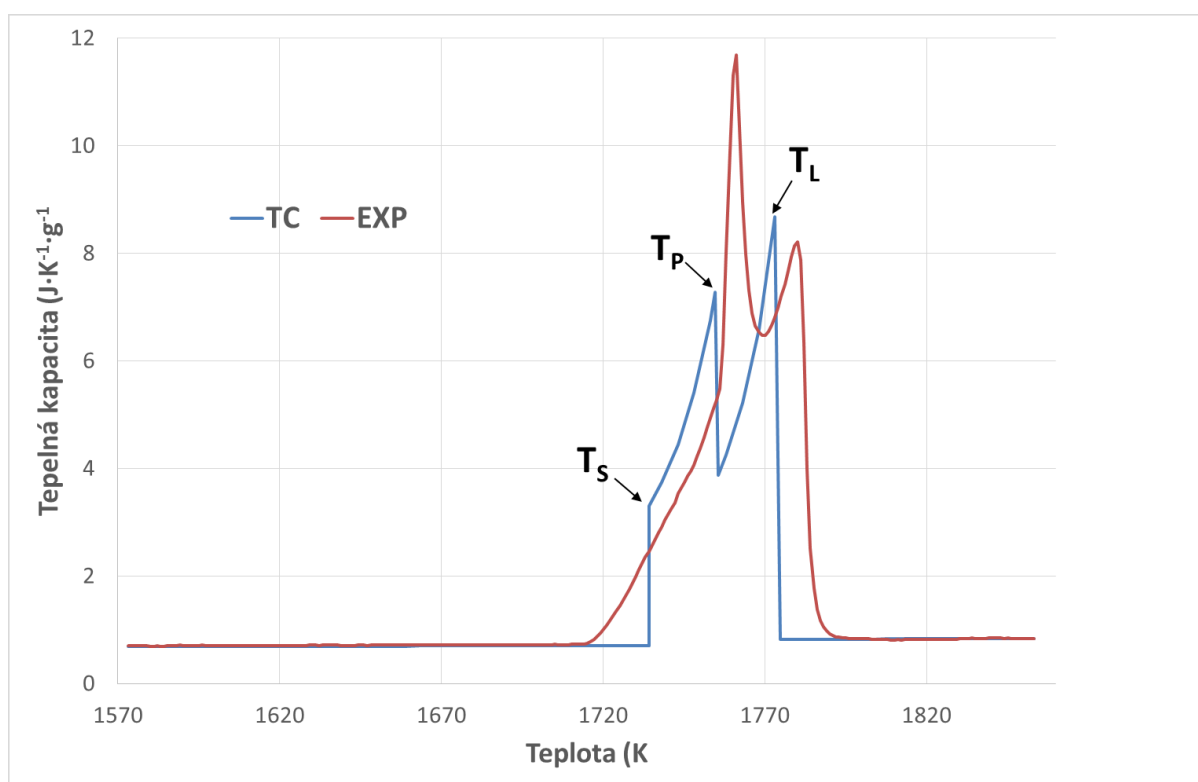
$4,07 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc  $13,41 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ). V této oblasti probíhají fázové transformace, a to přeměna  $\alpha$ -feritu na austenit a magnetický přechod.

Z grafické závislosti (obrázek 16 – nekorigované teploty) je zřejmé, že počátek transformace  $\alpha \rightarrow \gamma$  ( $T_{\alpha \rightarrow \gamma, S}$ ) pro modelovou slitinu C je  $1086,15 \text{ K}$  ( $813 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Ukončení transformace  $\alpha \rightarrow \gamma$  ( $T_{\alpha \rightarrow \gamma, E}$ ) je při teplotě  $1093,15 \text{ K}$  ( $820 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Dochází tady také k magnetickému přechodu (Curieho bod) při  $1051,15 \text{ K}$  ( $778 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

### 5.3.2. Tepelná kapacita pro modelovou slitinu C nad $1300 \text{ }^\circ\text{C}$

Z experimentálních hodnot získaných ve dvou zónách ohřevu byly vypočítány průměrné hodnoty a jsou uvedené v příloze 6 a 12 ( $C_{p, \text{exp.}}$ ). Byla také vypočítána směrodatná odchylka a variační koeficient.

Ze zjištěných hodnot byla sestrojena závislost tepelné kapacity ( $C_{p, \text{exp.}}$  i  $C_{p, \text{TC}}$ ) na teplotě (obrázek 17). Zjištěné hodnoty tepelné kapacity jsou průměrem ze dvou měření.



**Obrázek 17:** Porovnání experimentálních a teoretických hodnot kapacit pro modelovou slitinu C nad  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Ze závislosti tepelné kapacity na teplotě lze pozorovat, že v teplotním intervalu  $1473,15 - 1716,15 \text{ K}$  ( $1200 - 1443 \text{ }^\circ\text{C}$ ) a  $1800,15 - 1853,15 \text{ K}$  ( $1527 - 1580 \text{ }^\circ\text{C}$ ) má tepelná

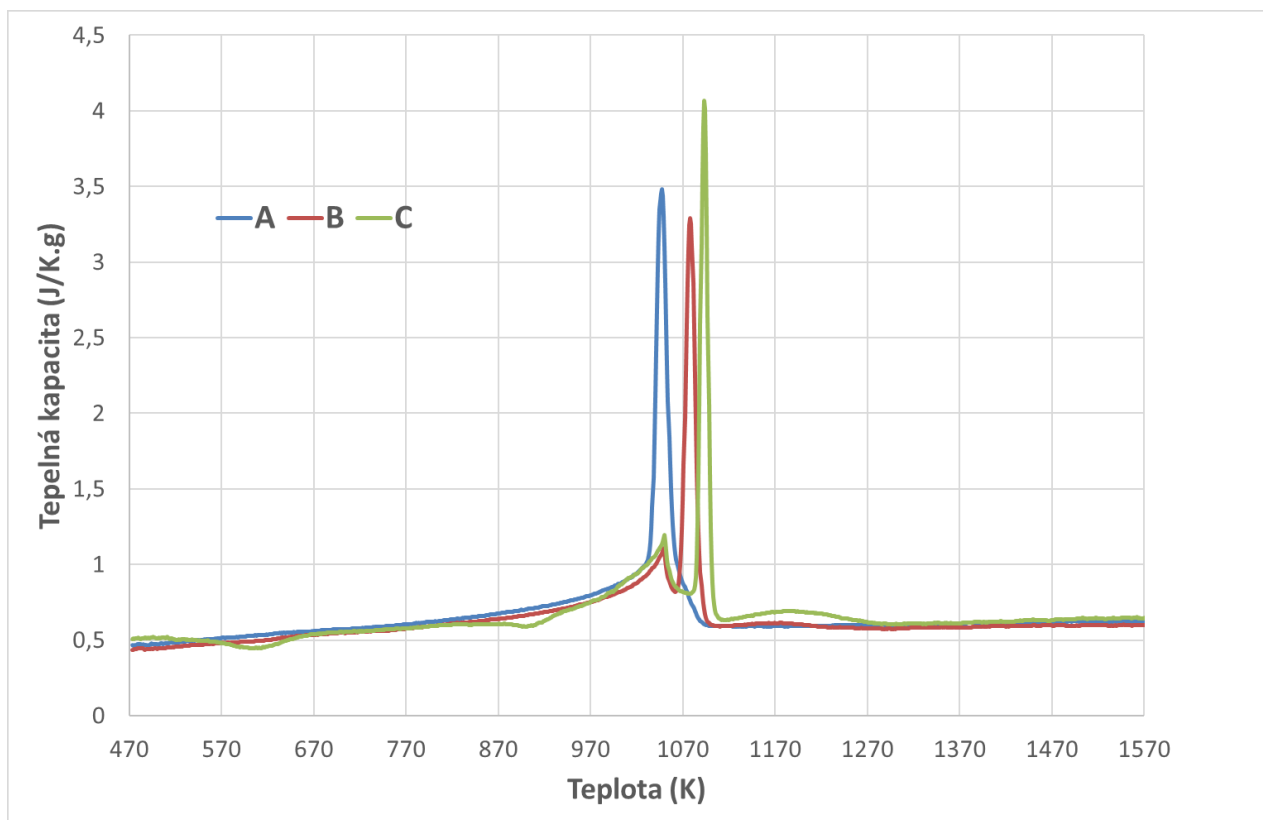
kapacita stejný trend. Hodnoty jsou konstantní jak pro experimentální i teoretické hodnoty v oblasti  $0,68 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ . V rozmezí teplot  $1716,15 - 1800,15\text{K}$  ( $1200 - 1527 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) je vidět významné změny v trendech u experimentálních i teoretických hodnot. Hodnoty jsou v oblasti  $0,77 - 11,68 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc  $0,77 - 8,672 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ). Nejvyšší hodnota experimentálně zjištěné tepelné kapacity byla  $11,68 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  (vypočítané pomocí SW Thermo-Calc  $8,672 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ). V této oblasti modelová slitina taje (peritekticky).

Z grafické závislosti (obrázek 17 – nekorigované teploty) je zřejmé, že teplota solidu ( $T_s$ ) pro modelovou slitinu C je  $1722,15\text{K}$  ( $1449 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), počátek peritektické transformace ( $T_p$ ) je  $1760,15\text{K}$  ( $1487 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), a teplota likvidu ( $T_L$ ) je při  $1783,15\text{K}$  ( $1510 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

#### **5.4. Porovnání tepelných kapacit modelových slitin A, B a C v oblasti do $1300 \text{ }^{\circ}\text{C}$**

Ze zjištěných hodnot byla sestrojena závislost tepelné kapacity ( $C_{p, \text{exp}}$ ) na teplotě (obrázek 18) pro všechny modelové slitiny. Zjištěné hodnoty tepelné kapacity jsou průměrem ze dvou měření.

Ze závislosti tepelné kapacity na teplotě je zřejmé, že v teplotním intervalu  $457,15 - 1030,15\text{K}$  ( $184 - 757 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a  $1105,15 - 1573,15\text{K}$  ( $832 - 1300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) má tepelná kapacita pro všechny slitiny podobný trend. Hodnoty jsou v rozmezí  $0,44 - 1,00 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ . U modelové slitiny C, lze pozorovat v této oblasti mírné odchylky z důvodu pravděpodobné tvorby karbidů (do  $1000,15\text{K}$ ) a rozpadu nerovnovážné struktury (martenzitu). V rozmezí teplot  $1030,15 - 1105,15\text{K}$  ( $757 - 832 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) jsou vidět významné změny v trendech u experimentálních hodnot. Hodnoty jsou v oblasti  $1,00 - 4,07 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ . Nejvyšší hodnota experimentálně zjištěné tepelné kapacity byla pro modelovou slitinu C  $4,07 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  s obsahem chromu  $4,76 \text{ hm. \%}$  a nejnižší hodnota experimentálně zjištěné tepelné kapacity byla pro modelovou slitinu B  $3,29 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  s obsahem chromu  $2,97 \text{ hm.\%}$ . Vliv chromu na posun tepelných kapacit se nedá jednoznačně posoudit, z důvodu různých maximálních hodnot, proto by bylo vhodné provést ještě další analýzy na potvrzení vlivu chromu na posun tepelných kapacit.

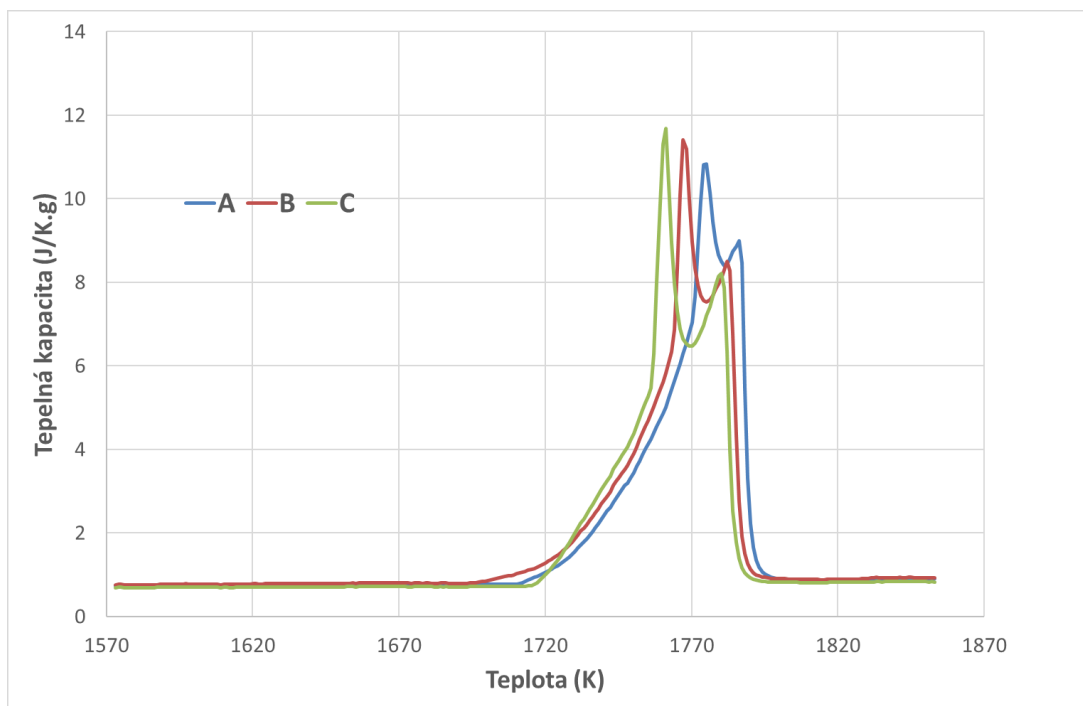


**Obrázek 18:** Porovnání experimentálních hodnot kapacit pro modelové slitiny A, B a C do 1300 °C.

Maximální hodnota variačního koeficientu pro modelovu slitinu A byla v nízkoteplotní oblasti 9,55%, pro modelovou slitinu B byla 18,37% a pro modelovou slitinu C byla 30,06%.

### 5.5. Porovnání experimentálních kapacit modelových slitin A, B a C v oblasti nad 1300 °C

Ze zjištěných hodnot byla sestrojena závislost tepelné kapacity ( $C_{p, \text{exp}}$ ) na teplotě (obrázek 19) pro všechny modelové slitiny. Zjištěné hodnoty tepelné kapacity jsou průměrem ze dvou měření.



**Obrázek 19:** Porovnání experimentálních hodnot kapacit pro modelové slitiny A, B a C nad 1300 °C.

Ze závislosti tepelné kapacity na teplotě lze pozorovat, že v teplotním intervalu 1487,15 – 1695,15K (1214 – 1422 °C) a 1795,15 – 1853,15K (1522 – 1580 °C) má tepelná kapacita podobný trend. Hodnoty jsou v rozmezí 0,68 – 0,80 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>. V rozmezí teplot 1695,15 – 1795,15K (1422 – 1522 °C) jsou vidět významné změny v trendech u experimentálních hodnot. Hodnoty jsou v oblasti 0,80 – 11,68 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>. Nejvyšší hodnota experimentálně zjištěné tepelné kapacity byla pro modelovou slitinu C 11,68 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup> s obsahem chromu 4,76 hm.% a nejnižší hodnota experimentálně zjištěné tepelné kapacity byla pro modelovou slitinu A 10,83 J·K<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup> s obsahem chromu 0,92 hm.%. Z obrázku 18 je vidět jednoznačný trend. Se zvětšujícím se obsahem chromu se teploty fázových transformací posouvají k nižším hodnotám a zvyšují se maximální hodnoty tepelných kapacit.

Maximální hodnota variačního koeficientu pro modelovou slitinu A byla ve vysokoteplotní oblasti 24,62%, pro modelovou slitinu B byla 14,26% a pro modelovou slitinu C byla 28,30%.

## 6. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo experimentální a teoretické studium třech modelových slitin na bázi Fe-C-Cr s obsahem 0,34 hm.% uhlíku a odstupňovaným obsahem chrómu (0,92 – 4,76 hm.%) připravených laboratorně technologií vakuového tavení (ve vakuové indukční peci).

Pro experimentální studium byl využit vysokoteplotní kalorimetr Setaram MHTC 96 Line s 3D DSC senzorem v režimu „continuous“ v teplotním intervalu 150 – 1580 °C.

Experimentální výsledky byly doplněny teoretickým studiem pomocí SW Thermo-Calc s databází TCFE8. Získaná byla nová originální data pro modelové slitiny na bázi Fe-C-Cr. Experimentální a teoretické výsledky byly porovnány a následně diskutovány.

Na základě získaných výsledků lze učinit následující závěry:

- Existuje znatelný rozdíl mezi experimentálními a teoretickými hodnotami tepelných kapacit v oblasti fázových přeměn.
- Mimo fázové transformace, od teploty 473,15 °C až po počátek fázových transformací v nízkoteplotní oblasti, jsou experimentální hodnoty tepelných kapacit o něco málo nižší než teoreticky vypočítané hodnoty.
- V oblasti mezi probíhajícími fázovými přeměnami (v teplotním rozmezí cca od 1100 – 1700 K) jsou experimentální a teoretické hodnoty srovnatelné (téměř totožné).
- V oblasti nad teplotou 1800 K, je-li tedy vzorek kompletně natavený, jsou rozdíly mezi experimentálními a teoretickými hodnotami minimální.
- Existuje výrazný rozdíl mezi experimentálními hodnotami tepelných kapacit pro jednotlivé slitiny způsobený zejména odlišným obsahem Cr ve slitinách (v oblasti fázových přeměn).
- Mimo fázové transformace nelze jednoznačně stanovit, jaký vliv má obsah chrómu na hodnoty tepelných kapacit.
- Určené teploty fázových transformací jednotlivých modelových slitin se v nízkoteplotní oblasti s rostoucím obsahem chrómu posouvají k vyšším hodnotám, na rozdíl od vysokoteplotní oblasti, kde se s rostoucím obsahem chrómu posouvají k nižším hodnotám.

Rozdíly mezi teoretickými a experimentálními hodnotami budou pravděpodobně způsobeny tím, že SW Thermo-Calc umožňuje výpočet pouze pro rovnovážné podmínky a do výpočtu nelze také zahrnout všechny prvky obsažené ve slitině, naproti tomu slitiny nemusí být ve zcela rovnovážném stavu, ale odpovídají reálnému stavu (litému stavu). Modely, které využívá daný SW, předpokládají také určitá zjednodušení a aproximace, z čehož mohou plynout také rozdíly a dále také data ve využívané databázi TCFE8 mohou být omezena.

Přínosem bakalářské práce je zejména získání originálních experimentálních dat pro slitiny s přesně definovaným složením. Získaná data byla implementována do stávající databáze vyvíjené na pracovišti. Získané výsledky lze využít ke zpřesnění termodynamických výpočtů a termodynamických databází potřebných pro výpočty s termodynamickým SW.

Experimentální údaje lze využít ke zpřesnění výsledků termodynamických výpočtů pro složité systémy, jako jsou oceli a následně lze zpřesněná data (pro složité systémy) získávána s SW prostředky využít jako vstupní data pro numerické simulace a následnou optimalizaci technologických procesů, jako je např. výroba a tepelné zpracování ocelí.



## Seznam použité literatury

- [1] SMETANA, Bedřich, Monika ŽALUDOVÁ, Markéta TKADLEČKOVÁ, Jana DOBROVSKÁ, Simona ZLÁ, Karel GRYC, Petr KLUS, Karel MICHALEK, Pavel MACHOVČÁK a Lenka ŘEHÁČKOVÁ. *Experimental verification of hematite ingot mould heat capacity and its direct utilisation in simulation of casting process*. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry [online]. 2013, 112(1), 473-480 [cit. 2018-03-25]. DOI: 10.1007/s10973-013-2964-z. ISSN 1388-6150.
- [2] PÍŠEK, František, Ladislav JENÍČEK, Přemysl RYŠ, Mojmír CENEK, Karel MAZANEC a Antonín HRBEK. *Nauka o materiálu*. 2. rozš. a zcela přeprac. vyd. Praha: Academia, 1975. Nauka o kovech. Železo a jeho slitiny.
- [3] *Surové železo – Wikipedie*. [online]. [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Surov%C3%A9\\_%C5%BEElezo](https://cs.wikipedia.org/wiki/Surov%C3%A9_%C5%BEElezo).
- [4] *Periodic Table of Elements: Los Alamos National Laboratory*. [online]. [cit. 2017-10-22]. Dostupné z: <http://periodic.lanl.gov/26.shtml>.
- [5] SOJKA, Jaroslav. *Nauka o materiálu I* [online]. Studijní opora vytvořena v rámci projektu "Tvorba elektronických studijních opor pro studijní programy FMFI". 2008, FMFI, VŠB – TUO [cit. 2017-10-22]. Dostupné z: [http://katedry.fmfi.vsb.cz/Opory\\_FMFI/636/636-Sojka-Nauka-o-materialu-I.pdf](http://katedry.fmfi.vsb.cz/Opory_FMFI/636/636-Sojka-Nauka-o-materialu-I.pdf).
- [6] JANALÍKOVÁ, Veronika. *Tepelné kapacity reálných značek ocelí v pevné fázi a tavenině*. Ostrava, 2017. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [7] *Periodická tabulka prvků: Chrom. Periodická tabulka prvků* [online]. [cit. 2018-01-27]. Dostupné z: <http://www.tabulka.cz/prvky/ukaz.asp?id=24>.
- [8] *Chromium\_chemie. Ziskávání znalostí* [online]. [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <http://cs.whynknowledgediscovery.com/cs-science/cs-physicalscience/cs-chemistry/1004028948.html>.
- [9] *Periodic Table of Elements: Los Alamos National Laboratory*. [online]. [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <http://periodic.lanl.gov/24.shtml>.
- [10] *Chromium in Steels | ispatguru.com. ispatguru.com* | [online]. [cit. 2018-03-22] Dostupné z: <http://ispatguru.com/chromium-in-steels/>.
- [11] DOBROVSKÁ, Jana. *Fyzikální chemie: 1. část: Základy chemické termodynamiky* [online]. VŠB – TUO, 2008. [cit. 2018-03-02]. Dostupné také z: [http://katedry.fmfi.vsb.cz/Opory\\_FMFI/619/619-Dobrovska-Z%C3%A1klady%20chemick%C3%A9%20termodynamiky.pdf](http://katedry.fmfi.vsb.cz/Opory_FMFI/619/619-Dobrovska-Z%C3%A1klady%20chemick%C3%A9%20termodynamiky.pdf).
- [12] PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu I. Druhé opravené a rozšířené vydání*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. 516 s. ISBN 80-7204-283-1.

- [13] MYSLIVEC, Theodor. *Fyzikálně chemické základy ocelářství*. Druhé, přepracované a rozšířené vydání. Praha: SNTL, 1971. 445 s. ISBN 04-402-71.
- [14] ATKINS, P. W. *Physical chemistry. 4th ed. /*. Oxford: Oxford University Press, 1993. ISBN 0-19-855284-X.
- [15] DUDEK, Rostislav, Kristina PEŘINOVÁ a Jaroslav KALOUSEK. *Teorie technologických procesů (učební text)*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2012. 240 s. ISBN 978-80-248-2571-7.
- [16] LAŠČEK, Milan. *Špecifická tepelná kapacita austenitické chromniklové oceli Cr18Ni9. Acta Metallurgica Slovaca* [online]. [cit. 2016-20-01]. Košice, 2008., roč. 14, č. 1, s. 34-49. Dostupné z: [http://www.ams.tuke.sk/data/ams\\_online/2008/number1/mag04/mag04.pdf](http://www.ams.tuke.sk/data/ams_online/2008/number1/mag04/mag04.pdf).
- [17] *Thermo-Calc Software: Computational Materials Engineering* [online]. Solna, Sweden, 1997 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.thermocalc.com/>.
- [18] *FactSage: The Integrated Thermodynamic Databank System* [online]. [cit. 02.03.2018]. Dostupné z: <http://www.factsage.com/>.
- [19] *Pandat Software* [online]. Wisconsin, USA, 1996 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <http://www.compuetherm.com/>.
- [20] *MTDATA: Phase Diagram Software from the National Physical Laboratory* [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://www.npl.co.uk/science-technology/mathematics-modelling-and-simulation/mtdata/>.
- [21] ZLÁ, Simona. *Studium vybraných termofyzikálních a termodynamických vlastností slitin na bázi Ni*. Ostrava, 2010. Disertační práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství.
- [22] HABÁŇOVÁ, Jitka. *Studium tepelných kapacit ocelí metodou DSC*. Ostrava, 2015. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [23] *Thermo-Calc. Computational Thermodynamics– Calculation of Phase Diagrams using the CALPHAD Method* [online]. [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: [http://www.calphad.com/thermo\\_calc.html](http://www.calphad.com/thermo_calc.html).
- [24] *Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita* [online]. Dostupné z: <http://www.sci.muni.cz/chemsekcetgir/termanal.pdf>.
- [25] KLOUŽKOVÁ, Alexandra, Petra ZEMENOVÁ, Jaroslav KLOUŽEK a W. PABST. *Termická analýza. Zřízení laboratoře pro praktickou výuku termické analýzy se zaměřením na anorganické nekovové materiály*. [online]. Praha, 2012 [cit. 2018-01-02]. Dostupné z: <http://tresen.vscht.cz/sil/sites/default/files/Termick%C3%A1%20anal%C3%BDza.pdf>
- [26] *Fakulta chemicko-inženýrská - Fakulta chemicko-inženýrská VŠCHT v Praze* [online]. [cit. 2018-03-02].

Dostupné z: <https://fchi.vscht.cz/files/uzel/0010367/cwl2js87vLAsPwUA.pdf?redirected>.

- [27] *SETARAM Instrumentation*. Brožúra k zariadeniu MHTC 96. Francie. 2009. 121 s.
- [28] *EAG Laboratories | Global Scientific Services | We Know How* [online]. Dostupné z: <https://www.eag.com/differential-scanning-calorimetry-dsc/>.
- [29] ROSICKÝ, Jaroslav. *Termická analýza: Dočasná vysokoškolská učebnice*. Vydání 1. Praha: MŠMT ČSR, 1989. 160 s.
- [30] HENDL, Jan. *Přehled statistických metod zpracování dat. Analýza a metaanalýza dat*. 2. vydanie. Praha: Portál, 2006. 583 s. ISBN 80-7367-123-9.

## Seznam použitých zkratk a veličin

Symbol	Vysvětlení	Jednotka
$A_b$	Amplituda blanku	$[\mu V]$
$A_c$	Amplituda standardu	$[\mu V]$
$A_s$	Amplituda vzorku	$[\mu V]$
bcc	Mřížka kubicky prostorově centrovaná (body central cubic)	$[-]$
$c$	Měrná tepelná kapacita	$[J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}]$
$C$	Pravá tepelná kapacita	$[J \cdot K^{-1}]$
$\bar{C}$	Střední hodnota tepelné kapacity	$[J \cdot K^{-1}]$
$C_m$	Molární tepelná kapacita	$[J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}]$
$C_p$	Tepelná kapacita za konstantního tlaku	$[J \cdot K^{-1}]$
$\bar{C}_p$	Střední měrná tepelná kapacita vzorku	$[J \cdot K^{-1} \cdot g^{-1}]$
$C_{pc}$	Tepelná měrná kapacita standardu	$[J \cdot K^{-1} \cdot g^{-1}]$
$C_{p, exp}$	Experimentálně získaná měrná tepelná kapacita	$[J \cdot K^{-1} \cdot g^{-1}]$
$C_{p,m}$	Molární tepelná kapacita za konstantního tlaku	$[J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}]$
$C_{p, TC}$	Teoreticky vypočítaná měrná tepelná kapacita	$[J \cdot K^{-1} \cdot g^{-1}]$
$C_v$	Tepelná kapacita za konstantního objemu	$[J \cdot K^{-1}]$
$C_{v,m}$	Molární tepelná kapacita za konstantního objemu	$[J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}]$
$C_{p,m}^{A_x B_y}$	Tepelná kapacita sloučeniny	$[J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}]$
CALPHAD	Computer Coupling Phase Diagrams and Thermochemistry	$[-]$
DTA	Diferenční Termická Analýza	$[-]$
DSC	Diferenční Skenovací Kalorimetrie	$[-]$
Fe	Železo	$[-]$
$Fe_3C$	Cementit	$[-]$
$Fe_\alpha$	Železo alfa	$[-]$
$Fe_\gamma$	Železo gamma	$[-]$
$Fe_\delta$	Železo delta	$[-]$
fcc	Mřížka kubicky plošně centrovaná (face central cubic)	$[-]$
H	Entalpie	$[J]$

<b>Symbol</b>	<b>Vysvětlení</b>	<b>Jednotka</b>
m	Hmotnost	[kg]
m <sub>c</sub>	Hmotnost standardu	[g]
m <sub>s</sub>	Hmotnost vzorku	[g]
n	Látkové množství	[mol]
NT	Nízkoteplotní	[-]
Q	Teplo	[J]
Q <sub>p</sub>	Teplo za stálého tlaku	[J]
Q <sub>v</sub>	Teplo za stálého objemu	[J]
R	Molární plynová konstanta	[J·K <sup>-1</sup> ·mol <sup>-1</sup> ]
T	Teplota	[K]
T <sub>α→γ, S</sub>	Teplota počátku transformace α-γ	[K]
T <sub>α-γ, E</sub>	Teplota ukončení transformace α-γ	[K]
T <sub>C</sub>	Teplota magnetické transformace (Curieho bod)	[K]
T <sub>f</sub>	Koncová teplota (píku)	[K]
T <sub>i</sub>	Počáteční teplota (píku)	[K]
T <sub>L</sub>	Teplota likvidu	[K]
T <sub>P</sub>	Teplota peritektické transformace	[K]
T <sub>S</sub>	Teplota solidu	[K]
TG	Termogravimetrie	[-]
tav	Tavenina	[-]
VT	Vysokoteplotní	[-]
x	Molární zlomek složky A	[-]
y	Molární zlomek složky B	[-]
ΔT	Rozdíl teplot	[-]

## Vlastní publikační činnost

DROZDOVÁ, Ľubomíra, Bedřich SMETANA, Mario MACHŮ, Simona ZLÁ, Jiřina VONTOROVÁ, Petra VÁŇOVÁ, Lenka ŘEHÁČKOVÁ, Vlastimil NOVÁK, Kateřina KONEČNÁ, Daniel PETLÁK a Klára JAHODOVÁ. *Experimental and theoretical determination of heat capacities of model alloys based on Fe-C-Cr*. In METAL 2018: Proceedings of 25th International Metallurgical and Materials Conference, 2018. [under review].

## Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Základní metody termické analýzy.....</i>	<b>14</b>
<i>Tabulka 2: Chemické složení modelových slitin.....</i>	<b>18</b>

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1:</b> Krystalové modifikace čistého železa – křivka chladnutí [4] .....	6
<b>Obrázek 2:</b> Metastabilní diagram Fe-Fe <sub>3</sub> C [6] .....	7
<b>Obrázek 3:</b> Křivka DSC [25].....	15
<b>Obrázek 4:</b> Schématické znázornění metody „continuous“ [27] .....	16
<b>Obrázek 5:</b> Vzorek s vyobrazenou změřenou výškou.....	19
<b>Obrázek 6:</b> Vzorek s vyobrazeným změřeným průměrem.....	19
<b>Obrázek 7:</b> Vysokoteplotní kalorimetr Setaram MHTC 96 Line.....	20
<b>Obrázek 8:</b> Zleva vzorek, korundové víčko, korundový kelímek, platinový kelímek, platinové víčko.....	20
<b>Obrázek 9:</b> Teplotní program pro oblast 150 – 1300 °C.....	22
<b>Obrázek 10:</b> Teplotní program pro oblast 1150 – 1580 °C.....	23
<b>Obrázek 11:</b> Experimentálně získané $\Delta V$ a vypočítaná tepelná kapacita vzorku C pro zónu ohřevu 3.....	23
<b>Obrázek 12:</b> Porovnání experimentálních a teoretických hodnot kapacit pro modelovou slitinu A do 1300 °C.....	25
<b>Obrázek 13:</b> Porovnání experimentálních a teoretických hodnot kapacit pro modelovou slitinu A nad 1300 °C.....	26
<b>Obrázek 14:</b> Porovnání experimentálních a teoretických hodnot kapacit pro modelovou slitinu B do 1300 °C.....	28
<b>Obrázek 15:</b> Porovnání experimentálních a teoretických hodnot kapacit pro modelovou slitinu B nad 1300 °C.....	29
<b>Obrázek 16:</b> Porovnání experimentálních a teoretických hodnot kapacit pro modelovou slitinu C do 1300 °C.....	30
<b>Obrázek 17:</b> Porovnání experimentálních a teoretických hodnot kapacit pro modelovou slitinu C nad 1300 °C.....	32
<b>Obrázek 18:</b> Porovnání experimentálních hodnot kapacit pro modelové slitiny A, B a C do 1300 °C.....	33
<b>Obrázek 19:</b> Porovnání experimentálních hodnot kapacit pro modelové slitiny A, B a C nad 1300 °C.....	34



## Seznam příloh

**Příloha 1:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny A pro zónu ohřevu 3,5 pro NT oblast

**Příloha 2:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny A pro zónu ohřevu 3,5 pro VT oblast

**Příloha 3:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny B pro zónu ohřevu 3,5 pro NT oblast

**Příloha 4:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny B pro zónu ohřevu 3,5 pro VT oblast

**Příloha 5:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny C pro zónu ohřevu 3,5 pro NT oblast

**Příloha 6:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny C pro zónu ohřevu 3,5 pro VT oblast

**Příloha 7:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli A pro NT oblast

**Příloha 8:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli A pro VT oblast

**Příloha 9:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli B pro NT oblast

**Příloha 10:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli B pro VT oblast

**Příloha 11:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli C pro NT oblast

**Příloha 12:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli C pro VT oblast

## Přílohy

**Příloha 1:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny A pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT (nizkoteplotní) oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
473,15	0,46	0,47	0,47	0,009	1,84
478,15	0,45	0,48	0,47	0,013	2,75
483,15	0,46	0,48	0,47	0,009	1,87
488,15	0,46	0,48	0,47	0,010	2,10
493,15	0,47	0,48	0,47	0,008	1,62
498,15	0,46	0,48	0,47	0,010	2,19
503,15	0,47	0,47	0,47	0,000	0,10
508,15	0,48	0,48	0,48	0,000	0,02
513,15	0,48	0,48	0,48	0,000	0,06
518,15	0,48	0,48	0,48	0,002	0,36
523,15	0,48	0,48	0,48	0,000	0,08
528,15	0,49	0,49	0,49	0,000	0,06
533,15	0,49	0,49	0,49	0,002	0,48
538,15	0,50	0,50	0,50	0,001	0,29
543,15	0,50	0,50	0,50	0,001	0,19
548,15	0,50	0,50	0,50	0,003	0,51
553,15	0,51	0,50	0,50	0,006	1,10
558,15	0,51	0,50	0,50	0,003	0,64
563,15	0,52	0,50	0,51	0,006	1,27
568,15	0,52	0,50	0,51	0,006	1,19
573,15	0,52	0,51	0,51	0,007	1,33
578,15	0,53	0,51	0,52	0,008	1,52
583,15	0,53	0,51	0,52	0,007	1,27
588,15	0,53	0,51	0,52	0,006	1,24
593,15	0,53	0,51	0,52	0,010	1,90
598,15	0,53	0,51	0,52	0,009	1,75
603,15	0,53	0,52	0,53	0,008	1,56
608,15	0,54	0,51	0,53	0,012	2,24
613,15	0,54	0,52	0,53	0,009	1,68
618,15	0,54	0,53	0,53	0,006	1,08
623,15	0,55	0,52	0,53	0,011	2,12
628,15	0,55	0,53	0,54	0,008	1,40
633,15	0,55	0,53	0,54	0,010	1,77
638,15	0,55	0,54	0,55	0,007	1,29
643,15	0,56	0,54	0,55	0,009	1,69
648,15	0,56	0,54	0,55	0,007	1,32
653,15	0,56	0,55	0,55	0,007	1,22

**Příloha 1 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny A pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

<b>Teplota</b>	<b>3. zóna</b>	<b>5. zóna</b>	<b>Průměr</b>	<b>Směr. odchylka</b>	<b>Var. koeficient</b>
<b>(K)</b>	<b>(J/K·g)</b>	<b>(J/K·g)</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>%</b>
658,15	0,56	0,55	0,55	0,007	1,31
663,15	0,56	0,55	0,55	0,008	1,53
668,15	0,57	0,55	0,56	0,009	1,69
673,15	0,56	0,55	0,56	0,007	1,22
678,15	0,57	0,55	0,56	0,006	1,01
683,15	0,57	0,56	0,56	0,005	0,93
688,15	0,57	0,56	0,57	0,006	0,99
693,15	0,57	0,56	0,57	0,005	0,86
698,15	0,58	0,56	0,57	0,005	0,92
703,15	0,58	0,56	0,57	0,006	1,06
708,15	0,58	0,57	0,57	0,003	0,56
713,15	0,58	0,57	0,57	0,005	0,87
718,15	0,58	0,57	0,58	0,005	0,82
723,15	0,58	0,57	0,58	0,004	0,64
728,15	0,58	0,58	0,58	0,003	0,56
733,15	0,59	0,58	0,58	0,004	0,62
738,15	0,59	0,58	0,59	0,006	1,01
743,15	0,59	0,59	0,59	0,003	0,54
748,15	0,59	0,58	0,59	0,005	0,78
753,15	0,60	0,59	0,59	0,004	0,60
758,15	0,60	0,59	0,59	0,005	0,92
763,15	0,60	0,59	0,60	0,006	0,93
768,15	0,61	0,60	0,60	0,005	0,80
773,15	0,61	0,60	0,60	0,008	1,28
778,15	0,61	0,60	0,61	0,005	0,86
783,15	0,62	0,60	0,61	0,007	1,10
788,15	0,62	0,61	0,61	0,006	0,91
793,15	0,62	0,61	0,61	0,008	1,26
798,15	0,63	0,61	0,62	0,006	1,02
803,15	0,63	0,61	0,62	0,009	1,47
808,15	0,63	0,62	0,62	0,006	1,02
813,15	0,63	0,62	0,63	0,008	1,26
818,15	0,64	0,62	0,63	0,010	1,51
823,15	0,64	0,63	0,64	0,008	1,30
828,15	0,65	0,62	0,64	0,012	1,86
833,15	0,65	0,63	0,64	0,011	1,79
838,15	0,65	0,64	0,65	0,008	1,23
843,15	0,65	0,64	0,65	0,006	0,96

**Příloha 1 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny A pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

<b>Teplota</b>	<b>3. zóna</b>	<b>5. zóna</b>	<b>Průměr</b>	<b>Směr. odchylka</b>	<b>Var. koeficient</b>
<b>(K)</b>	<b>(J/K·g)</b>	<b>(J/K·g)</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>%</b>
848,15	0,66	0,65	0,65	0,006	0,86
853,15	0,66	0,65	0,66	0,007	1,06
858,15	0,67	0,65	0,66	0,008	1,15
863,15	0,67	0,66	0,66	0,007	1,07
868,15	0,68	0,66	0,67	0,008	1,27
873,15	0,68	0,67	0,67	0,008	1,21
878,15	0,69	0,67	0,68	0,010	1,44
883,15	0,69	0,67	0,68	0,008	1,24
888,15	0,70	0,68	0,69	0,009	1,27
893,15	0,70	0,68	0,69	0,011	1,54
898,15	0,71	0,68	0,69	0,011	1,56
903,15	0,71	0,69	0,70	0,009	1,28
908,15	0,72	0,70	0,71	0,011	1,50
913,15	0,72	0,70	0,71	0,013	1,77
918,15	0,73	0,70	0,72	0,012	1,73
923,15	0,73	0,71	0,72	0,011	1,46
928,15	0,74	0,71	0,73	0,012	1,69
933,15	0,75	0,72	0,73	0,013	1,74
938,15	0,75	0,73	0,74	0,011	1,55
943,15	0,76	0,73	0,75	0,013	1,68
948,15	0,76	0,74	0,75	0,012	1,59
953,15	0,77	0,75	0,76	0,009	1,22
958,15	0,78	0,76	0,77	0,010	1,31
963,15	0,79	0,76	0,78	0,012	1,58
968,15	0,80	0,77	0,78	0,012	1,48
973,15	0,80	0,78	0,79	0,011	1,43
978,15	0,81	0,79	0,80	0,011	1,36
983,15	0,83	0,80	0,81	0,012	1,47
988,15	0,84	0,82	0,83	0,010	1,25
993,15	0,85	0,83	0,84	0,011	1,29
998,15	0,86	0,84	0,85	0,013	1,58
1003,15	0,88	0,85	0,86	0,012	1,36
1008,15	0,89	0,87	0,88	0,009	1,06
1013,15	0,90	0,89	0,89	0,010	1,10
1018,15	0,92	0,90	0,91	0,010	1,13
1023,15	0,94	0,92	0,93	0,009	1,01
1028,15	0,97	0,95	0,96	0,010	1,03
1033,15	1,00	0,98	0,99	0,012	1,17
1038,15	1,08	1,03	1,06	0,023	2,18

**Příloha 1 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny A pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

<b>Teplota</b>	<b>3. zóna</b>	<b>5. zóna</b>	<b>Průměr</b>	<b>Směr. odchylka</b>	<b>Var. koeficient</b>
<b>(K)</b>	<b>(J/K·g)</b>	<b>(J/K·g)</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>%</b>
1043,15	1,48	1,66	1,57	0,086	5,48
1048,15	2,79	3,14	2,97	0,175	5,90
1053,15	3,56	3,32	3,44	0,120	3,49
1058,15	2,54	2,09	2,32	0,221	9,55
1063,15	1,43	1,30	1,37	0,062	4,56
1068,15	1,05	1,01	1,03	0,020	1,98
1073,15	0,92	0,90	0,91	0,012	1,27
1078,15	0,85	0,82	0,84	0,015	1,82
1083,15	0,78	0,75	0,76	0,016	2,05
1088,15	0,71	0,68	0,69	0,015	2,16
1093,15	0,65	0,62	0,64	0,012	1,86
1098,15	0,61	0,60	0,61	0,008	1,37
1103,15	0,60	0,59	0,60	0,006	0,94
1108,15	0,60	0,59	0,59	0,007	1,23
1113,15	0,60	0,59	0,60	0,006	0,97
1118,15	0,60	0,59	0,59	0,007	1,18
1123,15	0,60	0,59	0,59	0,005	0,76
1128,15	0,60	0,58	0,59	0,007	1,14
1133,15	0,60	0,58	0,59	0,006	0,97
1138,15	0,59	0,58	0,59	0,006	1,04
1143,15	0,60	0,59	0,59	0,005	0,83
1148,15	0,60	0,58	0,59	0,006	1,02
1153,15	0,59	0,59	0,59	0,004	0,63
1158,15	0,60	0,59	0,59	0,004	0,72
1163,15	0,59	0,59	0,59	0,004	0,63
1168,15	0,59	0,59	0,59	0,003	0,56
1173,15	0,59	0,59	0,59	0,003	0,49
1178,15	0,59	0,59	0,59	0,002	0,35
1183,15	0,60	0,59	0,59	0,004	0,72
1188,15	0,60	0,59	0,59	0,004	0,73
1193,15	0,60	0,59	0,59	0,006	0,95
1198,15	0,60	0,59	0,60	0,005	0,89
1203,15	0,60	0,59	0,59	0,004	0,64
1208,15	0,60	0,59	0,59	0,004	0,73
1213,15	0,60	0,59	0,59	0,005	0,91
1218,15	0,60	0,59	0,59	0,005	0,83
1223,15	0,60	0,59	0,59	0,006	1,07
1228,15	0,60	0,59	0,59	0,006	0,93
1233,15	0,60	0,59	0,60	0,005	0,83

**Příloha 1 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny A pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

<b>Teplota</b>	<b>3. zóna</b>	<b>5. zóna</b>	<b>Průměr</b>	<b>Směr. odchylka</b>	<b>Var. koeficient</b>
<b>(K)</b>	<b>(J/K·g)</b>	<b>(J/K·g)</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>%</b>
1238,15	0,60	0,59	0,60	0,008	1,30
1243,15	0,60	0,59	0,60	0,005	0,85
1248,15	0,60	0,60	0,60	0,003	0,56
1253,15	0,60	0,59	0,60	0,005	0,89
1258,15	0,60	0,59	0,60	0,005	0,90
1263,15	0,60	0,60	0,60	0,004	0,60
1268,15	0,60	0,59	0,60	0,006	0,95
1273,15	0,61	0,59	0,60	0,007	1,09
1278,15	0,60	0,59	0,60	0,005	0,76
1283,15	0,61	0,60	0,60	0,005	0,76
1288,15	0,61	0,59	0,60	0,007	1,21
1293,15	0,61	0,59	0,60	0,007	1,22
1298,15	0,61	0,60	0,60	0,007	1,21
1303,15	0,61	0,60	0,60	0,007	1,13
1308,15	0,61	0,59	0,60	0,006	1,06
1313,15	0,61	0,60	0,60	0,004	0,66
1318,15	0,60	0,60	0,60	0,000	0,05
1323,15	0,61	0,60	0,60	0,003	0,54
1328,15	0,61	0,60	0,61	0,002	0,38
1333,15	0,61	0,60	0,61	0,003	0,48
1338,15	0,60	0,60	0,60	0,000	0,03
1343,15	0,61	0,60	0,61	0,002	0,29
1348,15	0,61	0,60	0,61	0,003	0,48
1353,15	0,61	0,60	0,61	0,006	0,91
1358,15	0,61	0,61	0,61	0,004	0,72
1363,15	0,61	0,60	0,61	0,005	0,78
1368,15	0,62	0,61	0,61	0,005	0,82
1373,15	0,62	0,60	0,61	0,006	1,02
1378,15	0,62	0,61	0,61	0,005	0,78
1383,15	0,62	0,60	0,61	0,007	1,17
1388,15	0,62	0,61	0,61	0,004	0,60
1393,15	0,62	0,61	0,61	0,005	0,86
1398,15	0,62	0,61	0,61	0,008	1,26
1403,15	0,62	0,61	0,61	0,003	0,50
1408,15	0,62	0,61	0,61	0,005	0,84
1413,15	0,62	0,61	0,62	0,006	0,93
1418,15	0,63	0,61	0,62	0,007	1,14
1423,15	0,63	0,61	0,62	0,006	0,99

**Příloha 2:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny A pro zónu ohřevu 3 a 5 pro VT (vysokoteplotní) oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
1488,15	0,72	0,73	0,73	0,005	0,66
1493,15	0,73	0,74	0,73	0,009	1,22
1498,15	0,74	0,74	0,74	0,000	0,01
1503,15	0,74	0,75	0,74	0,007	0,93
1508,15	0,74	0,75	0,74	0,004	0,55
1513,15	0,74	0,75	0,75	0,005	0,72
1518,15	0,74	0,75	0,75	0,003	0,43
1523,15	0,74	0,75	0,75	0,007	0,89
1528,15	0,74	0,75	0,75	0,005	0,71
1533,15	0,74	0,75	0,75	0,003	0,36
1538,15	0,74	0,76	0,75	0,009	1,16
1543,15	0,74	0,75	0,74	0,005	0,66
1548,15	0,74	0,75	0,75	0,001	0,18
1553,15	0,73	0,75	0,74	0,006	0,84
1558,15	0,73	0,75	0,74	0,008	1,06
1563,15	0,73	0,75	0,74	0,010	1,40
1568,15	0,74	0,76	0,75	0,011	1,41
1573,15	0,74	0,75	0,75	0,006	0,76
1578,15	0,73	0,75	0,74	0,009	1,16
1583,15	0,73	0,76	0,74	0,013	1,68
1588,15	0,74	0,76	0,75	0,010	1,40
1593,15	0,74	0,75	0,74	0,004	0,57
1598,15	0,75	0,77	0,76	0,010	1,29
1603,15	0,75	0,76	0,76	0,003	0,45
1608,15	0,75	0,74	0,74	0,002	0,31
1613,15	0,75	0,74	0,74	0,004	0,51
1618,15	0,76	0,74	0,75	0,008	1,02
1623,15	0,76	0,75	0,76	0,002	0,27
1628,15	0,76	0,76	0,76	0,003	0,43
1633,15	0,76	0,77	0,77	0,001	0,19
1638,15	0,77	0,76	0,76	0,003	0,37
1643,15	0,77	0,76	0,76	0,005	0,67
1648,15	0,77	0,76	0,77	0,005	0,67
1653,15	0,78	0,77	0,77	0,007	0,87
1658,15	0,78	0,77	0,77	0,002	0,25
1663,15	0,77	0,78	0,78	0,005	0,70
1668,15	0,77	0,78	0,77	0,002	0,29
1673,15	0,77	0,76	0,77	0,004	0,56
1678,15	0,78	0,77	0,77	0,005	0,69

**Příloha 2 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny A pro zónu ohřevu 3 a 5 pro VT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
1683,15	0,78	0,76	0,77	0,009	1,11
1688,15	0,78	0,76	0,77	0,006	0,83
1693,15	0,77	0,77	0,77	0,003	0,40
1698,15	0,78	0,77	0,78	0,000	0,04
1703,15	0,78	0,77	0,77	0,001	0,14
1708,15	0,77	0,78	0,78	0,005	0,69
1713,15	0,89	0,83	0,86	0,029	3,41
1718,15	1,04	0,99	1,01	0,029	2,87
1723,15	1,24	1,15	1,20	0,046	3,83
1728,15	1,53	1,38	1,45	0,077	5,28
1733,15	1,92	1,75	1,83	0,085	4,64
1738,15	2,30	2,16	2,23	0,070	3,14
1743,15	2,92	2,68	2,80	0,123	4,39
1748,15	3,45	3,06	3,25	0,193	5,93
1753,15	4,09	3,78	3,94	0,157	4,00
1758,15	4,75	4,47	4,61	0,138	2,99
1763,15	5,67	5,42	5,54	0,127	2,29
1768,15	6,82	6,53	6,68	0,145	2,17
1773,15	10,34	11,36	10,85	0,506	4,67
1778,15	8,99	8,60	8,80	0,195	2,22
1783,15	8,80	8,46	8,63	0,172	1,99
1788,15	3,32	5,48	4,40	1,083	24,62
1793,15	1,05	1,21	1,13	0,081	7,19
1798,15	0,88	0,97	0,92	0,042	4,55
1803,15	0,86	0,91	0,89	0,025	2,77
1808,15	0,85	0,89	0,87	0,023	2,66
1813,15	0,85	0,89	0,87	0,020	2,27
1818,15	0,85	0,90	0,87	0,026	2,98
1823,15	0,86	0,89	0,87	0,016	1,83
1828,15	0,85	0,91	0,88	0,027	3,07
1833,15	0,87	0,93	0,90	0,032	3,59
1838,15	0,85	0,94	0,90	0,042	4,66
1843,15	0,87	0,92	0,89	0,026	2,95
1848,15	0,86	0,95	0,91	0,041	4,54
1853,15	0,88	0,94	0,91	0,030	3,26



**Příloha 3:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny B pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

<b>Teplota</b>	<b>3. zóna</b>	<b>5. zóna</b>	<b>Průměr</b>	<b>Směr. odchylka</b>	<b>Var. koeficient</b>
<b>(K)</b>	<b>(J/K·g)</b>	<b>(J/K·g)</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>%</b>
473,15	0,43	0,44	0,44	0,007	1,54
478,15	0,44	0,45	0,44	0,006	1,29
483,15	0,44	0,45	0,45	0,003	0,67
488,15	0,44	0,45	0,44	0,005	1,06
493,15	0,44	0,44	0,44	0,001	0,31
498,15	0,44	0,45	0,44	0,002	0,47
503,15	0,44	0,45	0,45	0,002	0,47
508,15	0,45	0,45	0,45	0,002	0,42
513,15	0,45	0,45	0,45	0,003	0,63
518,15	0,45	0,45	0,45	0,001	0,12
523,15	0,46	0,45	0,46	0,004	0,81
528,15	0,46	0,46	0,46	0,001	0,11
533,15	0,47	0,46	0,46	0,007	1,54
538,15	0,48	0,46	0,47	0,009	1,98
543,15	0,47	0,46	0,47	0,006	1,29
548,15	0,48	0,46	0,47	0,011	2,27
553,15	0,49	0,46	0,47	0,013	2,73
558,15	0,48	0,46	0,47	0,011	2,30
563,15	0,49	0,46	0,48	0,014	2,93
568,15	0,49	0,46	0,48	0,015	3,11
573,15	0,50	0,46	0,48	0,016	3,33
578,15	0,50	0,46	0,48	0,017	3,48
583,15	0,50	0,47	0,48	0,014	2,83
588,15	0,50	0,47	0,49	0,015	3,04
593,15	0,50	0,47	0,49	0,015	2,97
598,15	0,51	0,47	0,49	0,016	3,23
603,15	0,51	0,47	0,49	0,018	3,74
608,15	0,51	0,48	0,49	0,016	3,19
613,15	0,51	0,48	0,50	0,015	3,10
618,15	0,52	0,48	0,50	0,016	3,21
623,15	0,52	0,49	0,50	0,015	2,90
628,15	0,52	0,50	0,51	0,012	2,43
633,15	0,52	0,50	0,51	0,011	2,20
638,15	0,53	0,50	0,52	0,013	2,53
643,15	0,53	0,51	0,52	0,011	2,04
648,15	0,53	0,51	0,52	0,010	1,86
653,15	0,54	0,52	0,53	0,011	2,09
658,15	0,54	0,52	0,53	0,012	2,26
663,15	0,55	0,52	0,53	0,011	2,12

**Příloha 3 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny B pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
668,15	0,55	0,53	0,54	0,010	1,93
673,15	0,55	0,53	0,54	0,009	1,59
678,15	0,55	0,53	0,54	0,009	1,69
683,15	0,55	0,53	0,54	0,010	1,91
688,15	0,55	0,54	0,54	0,007	1,36
693,15	0,55	0,54	0,55	0,008	1,56
698,15	0,56	0,54	0,55	0,009	1,62
703,15	0,55	0,54	0,55	0,006	1,14
708,15	0,56	0,54	0,55	0,007	1,36
713,15	0,56	0,54	0,55	0,008	1,48
718,15	0,56	0,55	0,55	0,007	1,21
723,15	0,56	0,55	0,56	0,008	1,37
728,15	0,56	0,55	0,56	0,007	1,24
733,15	0,57	0,55	0,56	0,009	1,53
738,15	0,57	0,56	0,56	0,006	1,06
743,15	0,57	0,55	0,56	0,007	1,21
748,15	0,57	0,56	0,56	0,006	1,07
753,15	0,57	0,56	0,56	0,007	1,19
758,15	0,57	0,56	0,57	0,007	1,22
763,15	0,58	0,57	0,57	0,006	1,06
768,15	0,58	0,56	0,57	0,009	1,61
773,15	0,58	0,57	0,58	0,006	1,04
778,15	0,59	0,57	0,58	0,009	1,48
783,15	0,59	0,58	0,58	0,007	1,14
788,15	0,60	0,58	0,59	0,009	1,52
793,15	0,60	0,58	0,59	0,008	1,37
798,15	0,60	0,58	0,59	0,009	1,52
803,15	0,60	0,59	0,59	0,009	1,48
808,15	0,61	0,59	0,60	0,010	1,63
813,15	0,61	0,59	0,60	0,010	1,69
818,15	0,62	0,60	0,61	0,009	1,54
823,15	0,62	0,59	0,61	0,014	2,28
828,15	0,62	0,60	0,61	0,012	1,93
833,15	0,62	0,61	0,62	0,009	1,38
838,15	0,63	0,61	0,62	0,008	1,24
843,15	0,63	0,62	0,62	0,007	1,10
848,15	0,63	0,62	0,62	0,009	1,45
853,15	0,63	0,62	0,63	0,008	1,32
858,15	0,64	0,62	0,63	0,009	1,38

**Příloha 3 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny B pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
863,15	0,64	0,63	0,64	0,010	1,52
868,15	0,65	0,63	0,64	0,010	1,58
873,15	0,65	0,63	0,64	0,010	1,52
878,15	0,65	0,64	0,64	0,008	1,28
883,15	0,66	0,64	0,65	0,007	1,10
888,15	0,66	0,64	0,65	0,010	1,51
893,15	0,67	0,65	0,66	0,010	1,48
898,15	0,67	0,65	0,66	0,008	1,23
903,15	0,68	0,66	0,67	0,010	1,48
908,15	0,68	0,66	0,67	0,013	1,91
913,15	0,69	0,66	0,68	0,012	1,77
918,15	0,69	0,67	0,68	0,011	1,68
923,15	0,70	0,68	0,69	0,011	1,62
928,15	0,71	0,68	0,69	0,013	1,92
933,15	0,71	0,69	0,70	0,012	1,65
938,15	0,71	0,69	0,70	0,011	1,53
943,15	0,72	0,70	0,71	0,010	1,43
948,15	0,73	0,71	0,72	0,009	1,25
953,15	0,73	0,72	0,73	0,009	1,28
958,15	0,74	0,72	0,73	0,009	1,26
963,15	0,75	0,73	0,74	0,009	1,22
968,15	0,76	0,74	0,75	0,009	1,19
973,15	0,77	0,75	0,76	0,010	1,31
978,15	0,78	0,76	0,77	0,010	1,29
983,15	0,79	0,77	0,78	0,009	1,21
988,15	0,80	0,78	0,79	0,010	1,24
993,15	0,81	0,79	0,80	0,009	1,10
998,15	0,82	0,80	0,81	0,010	1,18
1003,15	0,83	0,81	0,82	0,008	0,97
1008,15	0,84	0,83	0,84	0,006	0,74
1013,15	0,86	0,84	0,85	0,007	0,84
1018,15	0,88	0,87	0,87	0,007	0,78
1023,15	0,90	0,89	0,89	0,007	0,74
1028,15	0,92	0,91	0,92	0,007	0,78
1033,15	0,95	0,94	0,95	0,006	0,62
1038,15	0,99	0,98	0,98	0,005	0,47
1043,15	1,03	1,02	1,02	0,008	0,82
1048,15	1,10	1,09	1,09	0,008	0,70
1053,15	0,95	0,93	0,94	0,012	1,26

**Příloha 3 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny B pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
1058,15	0,85	0,84	0,85	0,005	0,55
1063,15	0,82	0,83	0,82	0,008	0,93
1068,15	0,90	1,30	1,10	0,202	18,37
1073,15	2,31	2,25	2,28	0,031	1,34
1078,15	3,39	3,20	3,29	0,096	2,91
1083,15	2,32	2,15	2,24	0,082	3,67
1088,15	1,11	1,02	1,07	0,045	4,19
1093,15	0,72	0,68	0,70	0,019	2,70
1098,15	0,62	0,61	0,61	0,003	0,51
1103,15	0,60	0,59	0,60	0,004	0,60
1108,15	0,60	0,59	0,59	0,004	0,67
1113,15	0,60	0,59	0,59	0,004	0,61
1118,15	0,60	0,59	0,60	0,001	0,18
1123,15	0,60	0,59	0,59	0,003	0,45
1128,15	0,60	0,59	0,60	0,003	0,57
1133,15	0,60	0,59	0,60	0,004	0,59
1138,15	0,60	0,60	0,60	0,003	0,53
1143,15	0,61	0,60	0,60	0,005	0,88
1148,15	0,61	0,60	0,61	0,004	0,64
1153,15	0,61	0,60	0,61	0,005	0,78
1158,15	0,61	0,61	0,61	0,003	0,56
1163,15	0,62	0,61	0,61	0,007	1,16
1168,15	0,62	0,61	0,61	0,004	0,64
1173,15	0,62	0,61	0,61	0,005	0,83
1178,15	0,62	0,61	0,61	0,005	0,83
1183,15	0,62	0,61	0,61	0,005	0,89
1188,15	0,62	0,61	0,61	0,005	0,74
1193,15	0,61	0,60	0,61	0,004	0,73
1198,15	0,61	0,60	0,60	0,004	0,73
1203,15	0,61	0,59	0,60	0,007	1,18
1208,15	0,60	0,59	0,60	0,008	1,27
1213,15	0,60	0,58	0,59	0,010	1,64
1218,15	0,60	0,58	0,59	0,007	1,15
1223,15	0,59	0,58	0,59	0,006	1,01
1228,15	0,59	0,58	0,59	0,006	0,97
1233,15	0,59	0,58	0,58	0,006	1,00
1238,15	0,59	0,58	0,58	0,005	0,81
1243,15	0,59	0,58	0,58	0,006	1,10
1248,15	0,59	0,58	0,58	0,006	1,09

**Příloha 3 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny B pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
1253,15	0,59	0,57	0,58	0,007	1,29
1258,15	0,59	0,57	0,58	0,007	1,25
1263,15	0,59	0,58	0,58	0,005	0,93
1268,15	0,58	0,57	0,58	0,008	1,37
1273,15	0,58	0,57	0,58	0,004	0,72
1278,15	0,58	0,57	0,58	0,005	0,83
1283,15	0,58	0,57	0,58	0,003	0,59
1288,15	0,58	0,57	0,57	0,006	1,03
1293,15	0,58	0,57	0,58	0,004	0,71
1298,15	0,58	0,57	0,57	0,004	0,71
1303,15	0,58	0,57	0,58	0,003	0,59
1308,15	0,58	0,57	0,58	0,004	0,64
1313,15	0,58	0,57	0,58	0,005	0,87
1318,15	0,58	0,58	0,58	0,000	0,02
1323,15	0,59	0,58	0,58	0,003	0,57
1328,15	0,58	0,58	0,58	0,000	0,04
1333,15	0,58	0,58	0,58	0,001	0,20
1338,15	0,58	0,58	0,58	0,002	0,29
1343,15	0,59	0,58	0,58	0,003	0,55
1348,15	0,59	0,58	0,58	0,004	0,69
1353,15	0,59	0,58	0,59	0,006	1,02
1358,15	0,59	0,58	0,58	0,004	0,67
1363,15	0,59	0,58	0,58	0,004	0,71
1368,15	0,59	0,58	0,59	0,002	0,43
1373,15	0,59	0,58	0,58	0,007	1,14
1378,15	0,59	0,58	0,59	0,005	0,80
1383,15	0,59	0,58	0,58	0,005	0,84
1388,15	0,59	0,58	0,59	0,006	1,04
1393,15	0,59	0,59	0,59	0,003	0,56
1398,15	0,59	0,59	0,59	0,003	0,53
1403,15	0,60	0,59	0,59	0,004	0,75
1408,15	0,60	0,59	0,59	0,006	0,93
1413,15	0,60	0,59	0,59	0,005	0,77
1418,15	0,60	0,59	0,59	0,003	0,52
1423,15	0,59	0,59	0,59	0,003	0,52
1428,15	0,60	0,59	0,59	0,004	0,60
1433,15	0,60	0,59	0,59	0,004	0,62
1438,15	0,60	0,59	0,60	0,008	1,27
1443,15	0,61	0,58	0,60	0,011	1,82

**Příloha 3 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny B pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
1448,15	0,60	0,59	0,60	0,007	1,24
1453,15	0,60	0,59	0,60	0,007	1,13
1458,15	0,60	0,59	0,59	0,004	0,75
1463,15	0,60	0,59	0,60	0,005	0,86
1468,15	0,61	0,59	0,60	0,007	1,10
1473,15	0,60	0,59	0,60	0,007	1,10
1478,15	0,60	0,59	0,60	0,003	0,55
1483,15	0,60	0,59	0,60	0,004	0,66
1488,15	0,60	0,59	0,60	0,003	0,47
1493,15	0,60	0,59	0,59	0,007	1,17
1498,15	0,60	0,59	0,60	0,006	1,09
1503,15	0,60	0,59	0,60	0,007	1,11
1508,15	0,60	0,59	0,60	0,007	1,14
1513,15	0,61	0,59	0,60	0,008	1,31
1518,15	0,60	0,60	0,60	0,004	0,65
1523,15	0,60	0,59	0,60	0,006	0,92
1528,15	0,61	0,60	0,60	0,005	0,76
1533,15	0,60	0,59	0,60	0,008	1,27
1538,15	0,60	0,59	0,60	0,006	0,99
1543,15	0,60	0,59	0,60	0,006	0,96
1548,15	0,61	0,60	0,60	0,002	0,40
1553,15	0,61	0,59	0,60	0,008	1,31
1558,15	0,61	0,59	0,60	0,008	1,42
1563,15	0,61	0,59	0,60	0,011	1,89
1568,15	0,61	0,59	0,60	0,010	1,72

**Příloha 4:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny B pro zónu ohřevu 3 a 5 pro VT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
1488,15	0,73	0,73	0,73	0,002	0,24
1493,15	0,73	0,75	0,74	0,009	1,28
1498,15	0,74	0,75	0,74	0,003	0,35
1503,15	0,74	0,76	0,75	0,010	1,28
1508,15	0,74	0,75	0,75	0,006	0,76
1513,15	0,74	0,76	0,75	0,010	1,34
1518,15	0,75	0,77	0,76	0,011	1,39
1523,15	0,75	0,78	0,76	0,015	1,96

**Příloha 4 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny B pro zónu ohřevu 3 a 5 pro VT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
1528,15	0,75	0,77	0,76	0,011	1,49
1533,15	0,74	0,77	0,76	0,013	1,73
1538,15	0,74	0,78	0,76	0,019	2,52
1543,15	0,74	0,77	0,75	0,017	2,30
1548,15	0,76	0,76	0,76	0,004	0,50
1553,15	0,74	0,76	0,75	0,007	0,92
1558,15	0,74	0,76	0,75	0,009	1,17
1563,15	0,74	0,78	0,76	0,017	2,29
1568,15	0,74	0,78	0,76	0,020	2,65
1573,15	0,75	0,78	0,77	0,012	1,52
1578,15	0,75	0,78	0,76	0,017	2,26
1583,15	0,74	0,79	0,76	0,024	3,16
1588,15	0,74	0,80	0,77	0,025	3,31
1593,15	0,76	0,78	0,77	0,012	1,62
1598,15	0,76	0,80	0,78	0,017	2,15
1603,15	0,76	0,80	0,78	0,017	2,21
1608,15	0,76	0,78	0,77	0,009	1,19
1613,15	0,76	0,78	0,77	0,010	1,30
1618,15	0,77	0,79	0,78	0,008	1,09
1623,15	0,77	0,79	0,78	0,010	1,32
1628,15	0,77	0,80	0,79	0,015	1,87
1633,15	0,78	0,81	0,79	0,013	1,67
1638,15	0,78	0,81	0,79	0,014	1,81
1643,15	0,78	0,80	0,79	0,010	1,23
1648,15	0,78	0,81	0,79	0,011	1,39
1653,15	0,79	0,81	0,80	0,009	1,07
1658,15	0,79	0,82	0,81	0,014	1,73
1663,15	0,80	0,83	0,81	0,014	1,76
1668,15	0,80	0,82	0,81	0,011	1,36
1673,15	0,79	0,81	0,80	0,010	1,21
1678,15	0,79	0,81	0,80	0,014	1,75
1683,15	0,79	0,81	0,80	0,012	1,47
1688,15	0,78	0,82	0,80	0,017	2,19
1693,15	0,79	0,81	0,80	0,010	1,27
1698,15	0,84	0,83	0,84	0,004	0,53
1703,15	0,92	0,90	0,91	0,010	1,14
1708,15	0,99	0,97	0,98	0,010	1,07
1713,15	1,10	1,06	1,08	0,016	1,49
1718,15	1,24	1,19	1,22	0,026	2,16

**Příloha 4 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny B pro zónu ohřevu 3 a 5 pro VT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
1723,15	1,48	1,37	1,42	0,052	3,62
1728,15	1,80	1,63	1,72	0,089	5,16
1733,15	2,22	2,02	2,12	0,100	4,71
1738,15	2,71	2,45	2,58	0,128	4,98
1743,15	3,28	3,00	3,14	0,138	4,38
1748,15	3,82	3,41	3,62	0,204	5,64
1753,15	4,57	4,22	4,40	0,172	3,92
1758,15	5,36	5,06	5,21	0,152	2,92
1763,15	6,50	6,19	6,34	0,156	2,47
1768,15	11,45	10,93	11,19	0,262	2,34
1773,15	7,80	7,59	7,69	0,105	1,37
1778,15	7,96	7,72	7,84	0,119	1,52
1783,15	7,97	8,61	8,29	0,318	3,84
1788,15	1,29	1,72	1,50	0,214	14,26
1793,15	0,92	1,03	0,97	0,056	5,76
1798,15	0,86	0,96	0,91	0,049	5,35
1803,15	0,86	0,94	0,90	0,041	4,58
1808,15	0,85	0,92	0,89	0,035	3,90
1813,15	0,85	0,92	0,89	0,034	3,86
1818,15	0,85	0,92	0,89	0,034	3,82
1823,15	0,86	0,92	0,89	0,031	3,48
1828,15	0,86	0,95	0,91	0,043	4,73
1833,15	0,90	0,98	0,94	0,041	4,38
1838,15	0,89	0,98	0,93	0,047	5,07
1843,15	0,90	0,95	0,93	0,028	2,97
1848,15	0,88	0,98	0,93	0,051	5,44
1853,15	0,89	0,96	0,92	0,034	3,64



**Příloha 5:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny C pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
473,15	0,55	0,46	0,50	0,047	9,30
478,15	0,55	0,47	0,51	0,040	7,75
483,15	0,55	0,47	0,51	0,040	7,86
488,15	0,56	0,47	0,52	0,045	8,77
493,15	0,56	0,47	0,52	0,047	9,12
498,15	0,56	0,47	0,52	0,047	9,05
503,15	0,56	0,47	0,51	0,044	8,49
508,15	0,56	0,47	0,52	0,044	8,57
513,15	0,55	0,47	0,51	0,043	8,33
518,15	0,54	0,47	0,51	0,038	7,59
523,15	0,54	0,47	0,50	0,036	7,13
528,15	0,54	0,47	0,50	0,032	6,31
533,15	0,53	0,48	0,50	0,027	5,36
538,15	0,53	0,48	0,50	0,027	5,43
543,15	0,52	0,47	0,50	0,024	4,82
548,15	0,52	0,47	0,50	0,025	5,12
553,15	0,52	0,47	0,50	0,025	5,06
558,15	0,51	0,47	0,49	0,017	3,43
563,15	0,51	0,47	0,49	0,020	4,12
568,15	0,50	0,46	0,48	0,019	3,94
573,15	0,50	0,46	0,48	0,020	4,17
578,15	0,49	0,45	0,47	0,023	4,79
583,15	0,49	0,44	0,46	0,022	4,81
588,15	0,48	0,43	0,46	0,024	5,24
593,15	0,48	0,43	0,46	0,024	5,18
598,15	0,47	0,43	0,45	0,023	5,21
603,15	0,46	0,42	0,44	0,021	4,82
608,15	0,47	0,43	0,45	0,023	5,03
613,15	0,47	0,43	0,45	0,019	4,22
618,15	0,47	0,44	0,46	0,016	3,53
623,15	0,48	0,45	0,46	0,015	3,22
628,15	0,48	0,46	0,47	0,014	2,92
633,15	0,49	0,47	0,48	0,011	2,32
638,15	0,50	0,49	0,49	0,008	1,68
643,15	0,51	0,50	0,50	0,006	1,13

**Příloha 5 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny C pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
648,15	0,51	0,51	0,51	0,004	0,72
653,15	0,52	0,51	0,52	0,004	0,81
658,15	0,53	0,53	0,53	0,000	0,06
663,15	0,53	0,53	0,53	0,000	0,06
668,15	0,54	0,53	0,54	0,005	0,85
673,15	0,54	0,54	0,54	0,003	0,64
678,15	0,54	0,54	0,54	0,001	0,17
683,15	0,55	0,54	0,55	0,004	0,77
688,15	0,55	0,54	0,55	0,005	0,97
693,15	0,56	0,55	0,55	0,005	0,92
698,15	0,56	0,55	0,55	0,005	0,89
703,15	0,56	0,55	0,56	0,003	0,46
708,15	0,56	0,55	0,56	0,004	0,66
713,15	0,56	0,56	0,56	0,004	0,66
718,15	0,56	0,55	0,56	0,004	0,66
723,15	0,56	0,55	0,56	0,004	0,78
728,15	0,57	0,55	0,56	0,006	1,05
733,15	0,57	0,56	0,56	0,006	0,99
738,15	0,57	0,56	0,57	0,002	0,27
743,15	0,57	0,57	0,57	0,002	0,36
748,15	0,58	0,57	0,57	0,004	0,62
753,15	0,57	0,57	0,57	0,002	0,38
758,15	0,58	0,57	0,57	0,003	0,50
763,15	0,58	0,57	0,57	0,002	0,29
768,15	0,58	0,57	0,58	0,003	0,60
773,15	0,58	0,58	0,58	0,001	0,13
778,15	0,58	0,58	0,58	0,001	0,11
783,15	0,58	0,59	0,59	0,004	0,62
788,15	0,59	0,59	0,59	0,002	0,36
793,15	0,59	0,59	0,59	0,002	0,33
798,15	0,59	0,59	0,59	0,001	0,16
803,15	0,60	0,59	0,59	0,001	0,18
808,15	0,60	0,60	0,60	0,001	0,22
813,15	0,60	0,60	0,60	0,002	0,38
818,15	0,60	0,60	0,60	0,000	0,07
823,15	0,60	0,60	0,60	0,001	0,10
828,15	0,60	0,61	0,60	0,001	0,11
833,15	0,60	0,60	0,60	0,000	0,08

**Příloha 5 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny C pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
838,15	0,60	0,60	0,60	0,002	0,36
843,15	0,60	0,61	0,60	0,002	0,36
848,15	0,60	0,60	0,60	0,001	0,24
853,15	0,60	0,61	0,60	0,001	0,20
858,15	0,60	0,61	0,60	0,002	0,37
863,15	0,60	0,61	0,60	0,001	0,21
868,15	0,60	0,61	0,60	0,004	0,58
873,15	0,60	0,61	0,61	0,003	0,58
878,15	0,60	0,61	0,61	0,004	0,63
883,15	0,60	0,61	0,60	0,004	0,74
888,15	0,59	0,60	0,60	0,005	0,91
893,15	0,59	0,60	0,59	0,005	0,92
898,15	0,58	0,60	0,59	0,006	1,05
903,15	0,58	0,60	0,59	0,009	1,52
908,15	0,59	0,61	0,60	0,008	1,37
913,15	0,60	0,62	0,61	0,011	1,85
918,15	0,61	0,63	0,62	0,013	2,04
923,15	0,62	0,65	0,63	0,013	1,97
928,15	0,64	0,66	0,65	0,010	1,49
933,15	0,66	0,67	0,67	0,005	0,73
938,15	0,68	0,69	0,68	0,002	0,35
943,15	0,69	0,69	0,69	0,002	0,28
948,15	0,70	0,70	0,70	0,001	0,11
953,15	0,71	0,71	0,71	0,001	0,15
958,15	0,72	0,72	0,72	0,000	0,03
963,15	0,74	0,73	0,73	0,003	0,39
968,15	0,75	0,74	0,74	0,005	0,72
973,15	0,77	0,75	0,76	0,009	1,12
978,15	0,78	0,76	0,77	0,009	1,20
983,15	0,79	0,78	0,79	0,006	0,80
988,15	0,81	0,80	0,80	0,008	0,96
993,15	0,83	0,81	0,82	0,009	1,05
998,15	0,85	0,84	0,84	0,007	0,84
1003,15	0,88	0,86	0,87	0,011	1,21
1008,15	0,90	0,89	0,89	0,008	0,89
1013,15	0,92	0,91	0,91	0,006	0,69
1018,15	0,94	0,92	0,93	0,011	1,19
1023,15	0,97	0,95	0,96	0,012	1,24

**Příloha 5 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny C pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

<b>Teplota</b>	<b>3. zóna</b>	<b>5. zóna</b>	<b>Průměr</b>	<b>Směr. odchylka</b>	<b>Var. koeficient</b>
<b>(K)</b>	<b>(J/K·g)</b>	<b>(J/K·g)</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>%</b>
1028,15	1,00	0,97	0,98	0,012	1,26
1033,15	1,03	1,00	1,02	0,016	1,62
1038,15	1,06	1,04	1,05	0,011	1,06
1043,15	1,10	1,08	1,09	0,013	1,18
1048,15	1,17	1,14	1,15	0,016	1,39
1053,15	1,04	1,02	1,03	0,013	1,27
1058,15	0,91	0,88	0,89	0,015	1,72
1063,15	0,86	0,84	0,85	0,009	1,08
1068,15	0,83	0,81	0,82	0,010	1,26
1073,15	0,82	0,80	0,81	0,010	1,22
1078,15	0,82	0,79	0,81	0,012	1,44
1083,15	0,92	0,80	0,86	0,060	7,01
1088,15	2,67	1,43	2,05	0,616	30,06
1093,15	3,91	4,23	4,07	0,159	3,92
1098,15	1,67	2,45	2,06	0,389	18,91
1103,15	0,75	0,83	0,79	0,039	4,99
1108,15	0,64	0,66	0,65	0,006	0,96
1113,15	0,63	0,64	0,64	0,005	0,86
1118,15	0,63	0,64	0,64	0,003	0,48
1123,15	0,64	0,64	0,64	0,001	0,15
1128,15	0,64	0,64	0,64	0,001	0,10
1133,15	0,65	0,65	0,65	0,002	0,38
1138,15	0,65	0,66	0,66	0,005	0,79
1143,15	0,66	0,67	0,66	0,004	0,67
1148,15	0,66	0,67	0,67	0,006	0,96
1153,15	0,67	0,68	0,67	0,004	0,59
1158,15	0,67	0,68	0,68	0,006	0,85
1163,15	0,68	0,69	0,68	0,003	0,41
1168,15	0,68	0,69	0,69	0,001	0,20
1173,15	0,69	0,69	0,69	0,000	0,03
1178,15	0,69	0,69	0,69	0,003	0,49
1183,15	0,69	0,69	0,69	0,002	0,29
1188,15	0,69	0,69	0,69	0,003	0,37
1193,15	0,69	0,68	0,69	0,004	0,52
1198,15	0,69	0,69	0,69	0,001	0,10
1203,15	0,69	0,68	0,68	0,003	0,46
1208,15	0,68	0,68	0,68	0,001	0,09
1213,15	0,68	0,67	0,68	0,005	0,70

**Příloha 5 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny C pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
1218,15	0,68	0,67	0,67	0,002	0,30
1223,15	0,67	0,67	0,67	0,003	0,43
1228,15	0,67	0,67	0,67	0,001	0,14
1233,15	0,66	0,66	0,66	0,002	0,24
1238,15	0,65	0,65	0,65	0,001	0,20
1243,15	0,64	0,64	0,64	0,001	0,10
1248,15	0,65	0,64	0,64	0,003	0,43
1253,15	0,64	0,63	0,64	0,003	0,49
1258,15	0,64	0,63	0,63	0,005	0,81
1263,15	0,63	0,62	0,63	0,005	0,75
1268,15	0,62	0,62	0,62	0,001	0,08
1273,15	0,62	0,62	0,62	0,001	0,09
1278,15	0,61	0,61	0,61	0,001	0,09
1283,15	0,61	0,61	0,61	0,001	0,15
1288,15	0,61	0,61	0,61	0,000	0,01
1293,15	0,61	0,60	0,61	0,001	0,12
1298,15	0,60	0,61	0,61	0,002	0,28
1303,15	0,60	0,61	0,61	0,004	0,63
1308,15	0,60	0,61	0,60	0,003	0,58
1313,15	0,61	0,61	0,61	0,002	0,35
1318,15	0,61	0,61	0,61	0,002	0,34
1323,15	0,61	0,61	0,61	0,004	0,61
1328,15	0,61	0,61	0,61	0,001	0,18
1333,15	0,60	0,61	0,61	0,004	0,73
1338,15	0,61	0,61	0,61	0,001	0,23
1343,15	0,61	0,62	0,62	0,003	0,45
1348,15	0,61	0,62	0,61	0,003	0,52
1353,15	0,61	0,61	0,61	0,000	0,05
1358,15	0,61	0,61	0,61	0,001	0,10
1363,15	0,61	0,61	0,61	0,002	0,38
1368,15	0,61	0,61	0,61	0,001	0,09
1373,15	0,61	0,62	0,61	0,003	0,55
1378,15	0,61	0,62	0,61	0,006	1,06
1383,15	0,61	0,62	0,62	0,002	0,26
1388,15	0,62	0,62	0,62	0,002	0,40
1393,15	0,61	0,62	0,62	0,004	0,64
1398,15	0,62	0,62	0,62	0,001	0,12

**Příloha 5 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny C pro zónu ohřevu 3 a 5 pro NT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	(-)	(-)	%
1403,15	0,62	0,62	0,62	0,001	0,21
1408,15	0,62	0,62	0,62	0,002	0,33
1413,15	0,63	0,62	0,62	0,004	0,65
1418,15	0,62	0,62	0,62	0,001	0,14
1423,15	0,62	0,62	0,62	0,001	0,12
1428,15	0,62	0,63	0,62	0,004	0,62
1433,15	0,62	0,63	0,63	0,003	0,56
1438,15	0,62	0,63	0,63	0,005	0,72
1443,15	0,62	0,63	0,63	0,005	0,83
1448,15	0,63	0,64	0,63	0,006	0,93
1453,15	0,63	0,64	0,63	0,007	1,12
1458,15	0,63	0,64	0,63	0,006	0,93
1463,15	0,63	0,63	0,63	0,001	0,13
1468,15	0,63	0,63	0,63	0,003	0,50
1473,15	0,63	0,64	0,64	0,005	0,72
1478,15	0,63	0,64	0,64	0,005	0,84
1483,15	0,63	0,64	0,64	0,006	0,95
1488,15	0,63	0,64	0,64	0,007	1,07
1493,15	0,63	0,64	0,64	0,006	0,97
1498,15	0,64	0,64	0,64	0,004	0,60
1503,15	0,64	0,65	0,65	0,002	0,28
1508,15	0,64	0,64	0,64	0,000	0,04
1513,15	0,64	0,64	0,64	0,003	0,48
1518,15	0,64	0,65	0,65	0,004	0,59
1523,15	0,63	0,65	0,64	0,010	1,52
1524,15	0,63	0,64	0,64	0,006	0,99
1525,15	0,65	0,64	0,64	0,001	0,17

**Příloha 6:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny C pro zónu ohřevu 3 a 5 pro VT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	-	-	%
1488,15	0,67	0,70	0,68	0,012	1,77
1493,15	0,67	0,71	0,69	0,017	2,50
1498,15	0,68	0,70	0,69	0,010	1,47
1503,15	0,68	0,71	0,69	0,016	2,33
1508,15	0,68	0,70	0,69	0,011	1,58

**Příloha 6 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny C pro zónu ohřevu 3 a 5 pro VT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	-	-	%
1513,15	0,68	0,71	0,69	0,013	1,82
1518,15	0,68	0,71	0,70	0,014	2,04
1523,15	0,68	0,71	0,69	0,013	1,93
1528,15	0,68	0,71	0,70	0,014	2,03
1533,15	0,68	0,71	0,69	0,012	1,74
1538,15	0,68	0,71	0,69	0,013	1,91
1543,15	0,68	0,70	0,69	0,011	1,53
1548,15	0,69	0,70	0,69	0,005	0,69
1553,15	0,68	0,71	0,69	0,015	2,22
1558,15	0,67	0,72	0,69	0,022	3,22
1563,15	0,68	0,72	0,70	0,023	3,25
1568,15	0,68	0,72	0,70	0,023	3,34
1573,15	0,68	0,72	0,70	0,021	2,96
1578,15	0,67	0,72	0,70	0,024	3,51
1583,15	0,67	0,72	0,69	0,027	3,92
1588,15	0,68	0,73	0,71	0,028	4,01
1593,15	0,68	0,72	0,70	0,024	3,44
1598,15	0,68	0,74	0,71	0,030	4,22
1603,15	0,68	0,73	0,70	0,027	3,90
1608,15	0,68	0,72	0,70	0,019	2,73
1613,15	0,68	0,71	0,70	0,016	2,35
1618,15	0,68	0,72	0,70	0,016	2,35
1623,15	0,68	0,72	0,70	0,018	2,60
1628,15	0,68	0,73	0,71	0,023	3,29
1633,15	0,69	0,74	0,71	0,025	3,45
1638,15	0,69	0,73	0,71	0,020	2,88
1643,15	0,69	0,73	0,71	0,018	2,61
1648,15	0,69	0,73	0,71	0,018	2,46
1653,15	0,70	0,73	0,72	0,018	2,51
1658,15	0,70	0,74	0,72	0,022	3,09
1663,15	0,70	0,74	0,72	0,023	3,19
1668,15	0,70	0,74	0,72	0,023	3,20
1673,15	0,69	0,74	0,71	0,025	3,49
1678,15	0,70	0,74	0,72	0,021	2,94
1683,15	0,70	0,73	0,71	0,016	2,27
1688,15	0,69	0,73	0,71	0,018	2,51
1693,15	0,70	0,73	0,71	0,016	2,24
1698,15	0,69	0,74	0,72	0,023	3,27
1703,15	0,70	0,74	0,72	0,024	3,35

**Příloha 6 - pokračování:** Tepelné kapacity a statistické funkce modelové slitiny C pro zónu ohřevu 3 a 5 pro VT oblast

Teplota	3. zóna	5. zóna	Průměr	Směr. odchylka	Var. koeficient
(K)	(J/K·g)	(J/K·g)	-	-	%
1708,15	0,70	0,75	0,72	0,024	3,26
1713,15	0,71	0,75	0,73	0,022	2,98
1718,15	0,96	0,80	0,88	0,080	9,12
1723,15	1,45	1,06	1,25	0,191	15,25
1728,15	1,97	1,54	1,76	0,216	12,25
1733,15	2,52	2,17	2,35	0,176	7,49
1738,15	3,07	2,75	2,91	0,163	5,60
1743,15	3,67	3,40	3,53	0,133	3,77
1748,15	4,25	3,87	4,06	0,193	4,76
1753,15	5,08	4,80	4,94	0,137	2,78
1758,15	7,60	8,43	8,02	0,411	5,13
1763,15	9,04	8,87	8,95	0,085	0,95
1768,15	6,60	6,46	6,53	0,069	1,05
1773,15	6,83	6,79	6,81	0,018	0,26
1778,15	7,97	7,89	7,93	0,040	0,50
1783,15	2,86	5,12	3,99	1,129	28,30
1788,15	0,95	1,14	1,05	0,099	9,49
1793,15	0,81	0,91	0,86	0,051	5,89
1798,15	0,79	0,88	0,83	0,047	5,63
1803,15	0,78	0,87	0,82	0,043	5,19
1808,15	0,77	0,85	0,81	0,038	4,65
1813,15	0,77	0,85	0,81	0,037	4,56
1818,15	0,78	0,86	0,82	0,042	5,08
1823,15	0,79	0,85	0,82	0,028	3,36
1828,15	0,78	0,87	0,83	0,044	5,32
1833,15	0,79	0,88	0,84	0,045	5,37
1838,15	0,79	0,89	0,84	0,052	6,24
1843,15	0,80	0,89	0,85	0,049	5,80
1848,15	0,78	0,89	0,84	0,054	6,50
1853,15	0,79	0,88	0,83	0,046	5,49



**Příloha 7:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli A pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
473,15	0,47 ± 0,009	1,84	0,52	12,2
478,15	0,47 ± 0,013	2,75	0,53	12,4
483,15	0,47 ± 0,009	1,87	0,53	12,2
488,15	0,47 ± 0,010	2,10	0,53	12,5
493,15	0,47 ± 0,008	1,62	0,53	11,8
498,15	0,47 ± 0,010	2,19	0,53	12,4
503,15	0,47 ± 0,000	0,10	0,54	13,5
508,15	0,48 ± 0,000	0,02	0,54	12,0
513,15	0,48 ± 0,000	0,06	0,54	12,4
518,15	0,48 ± 0,002	0,36	0,54	12,5
523,15	0,48 ± 0,000	0,08	0,54	12,4
528,15	0,49 ± 0,000	0,06	0,55	11,4
533,15	0,49 ± 0,002	0,48	0,55	11,5
538,15	0,50 ± 0,001	0,29	0,55	10,8
543,15	0,50 ± 0,001	0,19	0,55	10,9
548,15	0,50 ± 0,003	0,51	0,56	11,3
553,15	0,50 ± 0,006	1,10	0,56	10,6
558,15	0,50 ± 0,003	0,64	0,56	11,2
563,15	0,51 ± 0,006	1,27	0,56	10,8
568,15	0,51 ± 0,006	1,19	0,57	10,8
573,15	0,51 ± 0,007	1,33	0,57	10,6
578,15	0,52 ± 0,008	1,52	0,57	10,5
583,15	0,52 ± 0,006	1,27	0,57	10,5
588,15	0,52 ± 0,010	1,24	0,58	10,9
593,15	0,52 ± 0,009	1,90	0,58	11,6
598,15	0,52 ± 0,008	1,75	0,58	11,4
603,15	0,53 ± 0,012	1,56	0,59	11,3
608,15	0,53 ± 0,009	2,24	0,59	11,7
613,15	0,53 ± 0,006	1,68	0,59	11,7
618,15	0,53 ± 0,011	1,08	0,59	11,2
623,15	0,53 ± 0,008	2,12	0,60	11,8
628,15	0,54 ± 0,010	1,40	0,60	11,7
633,15	0,54 ± 0,007	1,77	0,60	11,5
638,15	0,55 ± 0,009	1,29	0,61	10,8
643,15	0,55 ± 0,007	1,69	0,61	11,4
648,15	0,55 ± 0,007	1,32	0,62	11,9
653,15	0,55 ± 0,007	1,22	0,62	11,9
658,15	0,55 ± 0,008	1,31	0,62	12,6
663,15	0,55 ± 0,009	1,53	0,63	13,2
668,15	0,56 ± 0,007	1,69	0,63	13,5

**Příloha 7 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli A pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
673,15	0,56 ± 0,006	1,22	0,64	14,0
678,15	0,56 ± 0,005	1,01	0,64	14,4
683,15	0,56 ± 0,006	0,93	0,65	14,6
688,15	0,57 ± 0,005	0,99	0,65	15,0
693,15	0,57 ± 0,005	0,86	0,66	15,9
698,15	0,57 ± 0,006	0,92	0,67	16,6
703,15	0,57 ± 0,003	1,06	0,67	17,7
708,15	0,57 ± 0,005	0,56	0,68	18,9
713,15	0,57 ± 0,005	0,87	0,65	12,9
718,15	0,58 ± 0,004	0,82	0,65	12,8
723,15	0,58 ± 0,003	0,64	0,65	13,3
728,15	0,58 ± 0,004	0,56	0,66	13,2
733,15	0,58 ± 0,006	0,62	0,66	13,6
738,15	0,59 ± 0,003	1,01	0,67	13,6
743,15	0,59 ± 0,005	0,54	0,67	13,6
748,15	0,59 ± 0,004	0,78	0,67	14,2
753,15	0,59 ± 0,005	0,60	0,68	14,3
758,15	0,59 ± 0,006	0,92	0,68	14,6
763,15	0,60 ± 0,005	0,93	0,68	14,8
768,15	0,60 ± 0,008	0,80	0,69	14,8
773,15	0,60 ± 0,005	1,28	0,69	15,0
778,15	0,61 ± 0,007	0,86	0,70	15,0
783,15	0,61 ± 0,006	1,10	0,70	15,2
788,15	0,61 ± 0,008	0,91	0,71	15,4
793,15	0,61 ± 0,006	1,26	0,71	15,8
798,15	0,62 ± 0,009	1,02	0,72	15,4
803,15	0,62 ± 0,006	1,47	0,72	16,1
808,15	0,62 ± 0,008	1,02	0,72	16,3
813,15	0,63 ± 0,010	1,26	0,73	16,4
818,15	0,63 ± 0,008	1,51	0,73	16,3
823,15	0,64 ± 0,012	1,30	0,74	16,3
828,15	0,64 ± 0,011	1,86	0,74	16,9
833,15	0,64 ± 0,008	1,79	0,75	17,4
838,15	0,65 ± 0,006	1,23	0,75	16,7
843,15	0,65 ± 0,006	0,96	0,76	17,1
848,15	0,65 ± 0,007	0,86	0,75	15,3
853,15	0,66 ± 0,008	1,06	0,76	15,4
858,15	0,66 ± 0,007	1,15	0,77	16,1

**Příloha 7 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli A pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
863,15	0,66 ± 0,008	1,07	0,77	16,0
868,15	0,67 ± 0,008	1,27	0,78	16,0
873,15	0,67 ± 0,010	1,21	0,78	15,9
878,15	0,68 ± 0,008	1,44	0,79	15,8
883,15	0,68 ± 0,009	1,24	0,79	16,1
888,15	0,69 ± 0,011	1,27	0,80	16,1
893,15	0,69 ± 0,011	1,54	0,80	16,2
898,15	0,69 ± 0,009	1,56	0,81	16,6
903,15	0,70 ± 0,011	1,28	0,82	16,8
908,15	0,71 ± 0,013	1,50	0,82	16,1
913,15	0,71 ± 0,012	1,77	0,83	16,8
918,15	0,72 ± 0,011	1,73	0,84	16,9
923,15	0,72 ± 0,012	1,46	0,84	16,5
928,15	0,73 ± 0,013	1,69	0,85	17,0
933,15	0,73 ± 0,011	1,74	0,86	16,9
938,15	0,74 ± 0,013	1,55	0,87	17,0
943,15	0,75 ± 0,012	1,68	0,87	16,9
948,15	0,75 ± 0,009	1,59	0,88	17,0
953,15	0,76 ± 0,010	1,22	0,89	16,8
958,15	0,77 ± 0,012	1,31	0,90	17,0
963,15	0,78 ± 0,012	1,58	0,91	16,7
968,15	0,78 ± 0,011	1,48	0,92	16,7
973,15	0,79 ± 0,011	1,43	0,93	16,7
978,15	0,80 ± 0,012	1,36	0,93	16,3
983,15	0,81 ± 0,010	1,47	0,94	16,0
988,15	0,83 ± 0,011	1,25	0,95	15,4
993,15	0,84 ± 0,013	1,29	0,96	14,8
998,15	0,85 ± 0,012	1,58	0,98	14,7
1003,15	0,86 ± 0,009	1,36	0,99	14,2
1008,15	0,88 ± 0,010	1,06	1,00	13,7
1013,15	0,89 ± 0,010	1,10	1,01	12,9
1018,15	0,91 ± 0,009	1,13	5,71	526,9
1023,15	0,93 ± 0,010	1,01	6,10	553,3
1028,15	0,96 ± 0,012	1,03	1,15	19,8
1033,15	0,99 ± 0,023	1,17	1,15	15,8
1038,15	1,06 ± 0,086	2,18	1,14	7,8
1043,15	1,57 ± 0,175	5,48	1,09	30,3
1048,15	2,97 ± 0,120	5,90	1,10	63,1
1053,15	3,44 ± 0,221	3,49	1,10	68,0

**Příloha 7 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli A pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
683,15	0,56 ± 0,006	0,93	0,65	14,6
688,15	0,57 ± 0,005	0,99	0,65	15,0
693,15	0,57 ± 0,005	0,86	0,66	15,9
698,15	0,57 ± 0,006	0,92	0,67	16,6
703,15	0,57 ± 0,003	1,06	0,67	17,7
708,15	0,57 ± 0,005	0,56	0,68	18,9
713,15	0,57 ± 0,005	0,87	0,65	12,9
718,15	0,58 ± 0,004	0,82	0,65	12,8
723,15	0,58 ± 0,003	0,64	0,65	13,3
728,15	0,58 ± 0,004	0,56	0,66	13,2
733,15	0,58 ± 0,006	0,62	0,66	13,6
738,15	0,59 ± 0,003	1,01	0,67	13,6
743,15	0,59 ± 0,005	0,54	0,67	13,6
748,15	0,59 ± 0,004	0,78	0,67	14,2
753,15	0,59 ± 0,005	0,60	0,68	14,3
758,15	0,59 ± 0,006	0,92	0,68	14,6
763,15	0,60 ± 0,005	0,93	0,68	14,8
768,15	0,60 ± 0,008	0,80	0,69	14,8
773,15	0,60 ± 0,005	1,28	0,69	15,0
778,15	0,61 ± 0,007	0,86	0,70	15,0
783,15	0,61 ± 0,006	1,10	0,70	15,2
788,15	0,61 ± 0,008	0,91	0,71	15,4
793,15	0,61 ± 0,006	1,26	0,71	15,8
798,15	0,62 ± 0,009	1,02	0,72	15,4
803,15	0,62 ± 0,006	1,47	0,72	16,1
808,15	0,62 ± 0,008	1,02	0,72	16,3
813,15	0,63 ± 0,010	1,26	0,73	16,4
818,15	0,63 ± 0,008	1,51	0,73	16,3
823,15	0,64 ± 0,012	1,30	0,74	16,3
828,15	0,64 ± 0,011	1,86	0,74	16,9
833,15	0,64 ± 0,008	1,79	0,75	17,4
838,15	0,65 ± 0,006	1,23	0,75	16,7
843,15	0,65 ± 0,006	0,96	0,76	17,1
848,15	0,65 ± 0,007	0,86	0,75	15,3
853,15	0,66 ± 0,008	1,06	0,76	15,4
858,15	0,66 ± 0,007	1,15	0,77	16,1
863,15	0,66 ± 0,008	1,07	0,77	16,0
868,15	0,67 ± 0,008	1,27	0,78	16,0
873,15	0,67 ± 0,010	1,21	0,78	15,9

**Příloha 7 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli A pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
878,15	0,68 ± 0,008	1,44	0,79	15,8
883,15	0,68 ± 0,009	1,24	0,79	16,1
888,15	0,69 ± 0,011	1,27	0,80	16,1
893,15	0,69 ± 0,011	1,54	0,80	16,2
898,15	0,69 ± 0,009	1,56	0,81	16,6
903,15	0,70 ± 0,011	1,28	0,82	16,8
908,15	0,71 ± 0,013	1,50	0,82	16,1
913,15	0,71 ± 0,012	1,77	0,83	16,8
918,15	0,72 ± 0,011	1,73	0,84	16,9
923,15	0,72 ± 0,012	1,46	0,84	16,5
928,15	0,73 ± 0,013	1,69	0,85	17,0
933,15	0,73 ± 0,011	1,74	0,86	16,9
938,15	0,74 ± 0,013	1,55	0,87	17,0
943,15	0,75 ± 0,012	1,68	0,87	16,9
948,15	0,75 ± 0,009	1,59	0,88	17,0
953,15	0,76 ± 0,010	1,22	0,89	16,8
958,15	0,77 ± 0,012	1,31	0,90	17,0
963,15	0,78 ± 0,012	1,58	0,91	16,7
968,15	0,78 ± 0,011	1,48	0,92	16,7
973,15	0,79 ± 0,011	1,43	0,93	16,7
978,15	0,80 ± 0,012	1,36	0,93	16,3
983,15	0,81 ± 0,010	1,47	0,94	16,0
988,15	0,83 ± 0,011	1,25	0,95	15,4
993,15	0,84 ± 0,013	1,29	0,96	14,8
998,15	0,85 ± 0,012	1,58	0,98	14,7
1003,15	0,86 ± 0,009	1,36	0,99	14,2
1008,15	0,88 ± 0,010	1,06	1,00	13,7
1013,15	0,89 ± 0,010	1,10	1,01	12,9
1018,15	0,91 ± 0,009	1,13	5,71	526,9
1023,15	0,93 ± 0,010	1,01	6,10	553,3
1028,15	0,96 ± 0,012	1,03	1,15	19,8
1033,15	0,99 ± 0,023	1,17	1,15	15,8
1038,15	1,06 ± 0,086	2,18	1,14	7,8
1043,15	1,57 ± 0,175	5,48	1,09	30,3
1048,15	2,97 ± 0,120	5,90	1,10	63,1
1053,15	3,44 ± 0,221	3,49	1,10	68,0
1058,15	2,32 ± 0,062	9,55	1,11	52,2
1063,15	1,37 ± 0,020	4,56	1,12	18,4
1068,15	1,03 ± 0,012	1,98	0,60	42,3

**Příloha 7 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli A pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1073,15	0,91 ± 0,015	1,27	0,60	34,5
1078,15	0,84 ± 0,016	1,82	0,60	28,7
1083,15	0,76 ± 0,015	2,05	0,60	21,8
1088,15	0,69 ± 0,012	2,16	0,60	13,4
1093,15	0,64 ± 0,008	1,86	0,60	5,7
1098,15	0,61 ± 0,006	1,37	0,60	1,0
1103,15	0,60 ± 0,007	0,94	0,60	0,8
1108,15	0,59 ± 0,006	1,23	0,60	1,2
1113,15	0,60 ± 0,007	0,97	0,60	1,0
1118,15	0,59 ± 0,005	1,18	0,60	1,4
1123,15	0,59 ± 0,007	0,76	0,60	1,7
1128,15	0,59 ± 0,006	1,14	0,60	2,2
1133,15	0,59 ± 0,006	0,97	0,61	2,5
1138,15	0,59 ± 0,005	1,04	0,61	2,9
1143,15	0,59 ± 0,006	0,83	0,61	2,8
1148,15	0,59 ± 0,004	1,02	0,61	2,9
1153,15	0,59 ± 0,004	0,63	0,61	2,9
1158,15	0,59 ± 0,004	0,72	0,61	2,9
1163,15	0,59 ± 0,003	0,63	0,61	3,2
1168,15	0,59 ± 0,002	0,56	0,61	3,5
1173,15	0,59 ± 0,004	0,49	0,61	3,3
1178,15	0,59 ± 0,004	0,35	0,61	3,4
1183,15	0,59 ± 0,006	0,72	0,61	3,7
1188,15	0,59 ± 0,005	0,73	0,61	3,8
1193,15	0,59 ± 0,004	0,95	0,62	4,0
1198,15	0,60 ± 0,004	0,89	0,62	3,3
1203,15	0,59 ± 0,005	0,64	0,62	4,0
1208,15	0,59 ± 0,005	0,73	0,62	3,9
1213,15	0,59 ± 0,006	0,91	0,62	4,1
1218,15	0,59 ± 0,006	0,83	0,62	4,3
1223,15	0,59 ± 0,005	1,07	0,62	4,4
1228,15	0,59 ± 0,008	0,93	0,62	4,6
1233,15	0,60 ± 0,005	0,83	0,62	4,3
1238,15	0,60 ± 0,003	1,30	0,62	4,5
1243,15	0,60 ± 0,005	0,85	0,62	4,5
1248,15	0,60 ± 0,005	0,56	0,62	3,9
1253,15	0,60 ± 0,004	0,89	0,62	4,3
1258,15	0,60 ± 0,006	0,90	0,63	4,5
1263,15	0,60 ± 0,007	0,60	0,63	4,1

**Příloha 7 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli A pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1268,15	0,60 ± 0,005	0,95	0,63	5,0
1273,15	0,60 ± 0,005	1,09	0,63	4,7
1278,15	0,60 ± 0,007	0,76	0,63	5,2
1283,15	0,60 ± 0,007	0,76	0,63	4,6
1288,15	0,60 ± 0,007	1,21	0,63	4,8
1293,15	0,60 ± 0,007	1,22	0,63	4,9
1298,15	0,60 ± 0,006	1,21	0,63	4,7
1303,15	0,60 ± 0,004	1,13	0,63	5,0
1308,15	0,60 ± 0,000	1,06	0,63	5,3
1313,15	0,60 ± 0,003	0,66	0,63	5,4
1318,15	0,60 ± 0,002	0,05	0,63	5,3
1323,15	0,60 ± 0,003	0,54	0,64	5,1
1328,15	0,61 ± 0,000	0,38	0,64	4,8
1333,15	0,61 ± 0,002	0,48	0,64	5,0
1338,15	0,60 ± 0,003	0,03	0,64	5,4
1343,15	0,61 ± 0,006	0,29	0,64	5,4
1348,15	0,61 ± 0,004	0,48	0,64	5,3
1353,15	0,61 ± 0,005	0,91	0,64	5,2
1358,15	0,61 ± 0,005	0,72	0,64	5,0
1363,15	0,61 ± 0,006	0,78	0,64	5,3
1368,15	0,61 ± 0,005	0,82	0,64	5,1
1373,15	0,61 ± 0,007	1,02	0,64	5,1
1378,15	0,61 ± 0,004	0,78	0,64	5,3
1383,15	0,61 ± 0,005	1,17	0,64	5,4
1388,15	0,61 ± 0,008	0,60	0,65	4,9
1393,15	0,61 ± 0,003	0,86	0,65	5,2
1398,15	0,61 ± 0,005	1,26	0,65	5,1
1403,15	0,61 ± 0,006	0,50	0,65	5,5
1408,15	0,61 ± 0,007	0,84	0,65	5,4
1413,15	0,62 ± 0,006	0,93	0,65	5,1
1418,15	0,62 ± 0,006	1,14	0,65	4,9
1423,15	0,62 ± 0,003	0,99	0,65	4,8

**Příloha 8:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli A pro VT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1488,15	0,73 ± 0,005	0,66	0,73	0,66
1493,15	0,74 ± 0,009	1,22	0,73	1,20
1498,15	0,74 ± 0,000	0,01	0,74	0,01
1503,15	0,75 ± 0,007	0,93	0,74	0,92
1508,15	0,75 ± 0,004	0,55	0,74	0,55
1513,15	0,75 ± 0,005	0,72	0,75	0,72
1518,15	0,75 ± 0,003	0,43	0,75	0,42
1523,15	0,75 ± 0,007	0,89	0,75	0,88
1528,15	0,75 ± 0,005	0,71	0,75	0,70
1533,15	0,75 ± 0,003	0,36	0,75	0,36
1538,15	0,76 ± 0,009	1,16	0,75	1,15
1543,15	0,75 ± 0,005	0,66	0,74	0,66
1548,15	0,75 ± 0,001	0,18	0,75	0,18
1553,15	0,75 ± 0,006	0,84	0,74	0,83
1558,15	0,75 ± 0,008	1,06	0,74	1,05
1563,15	0,75 ± 0,010	1,40	0,74	1,38
1568,15	0,76 ± 0,011	1,41	0,75	1,39
1573,15	0,75 ± 0,006	0,76	0,75	0,75
1578,15	0,75 ± 0,009	1,16	0,74	1,15
1583,15	0,76 ± 0,013	1,68	0,74	1,66
1588,15	0,76 ± 0,010	1,40	0,75	1,38
1593,15	0,75 ± 0,004	0,57	0,74	0,57
1598,15	0,77 ± 0,010	1,29	0,76	1,28
1603,15	0,76 ± 0,003	0,45	0,76	0,45
1608,15	0,74 ± 0,002	0,31	0,74	0,31
1613,15	0,74 ± 0,004	0,51	0,74	0,51
1618,15	0,74 ± 0,008	1,02	0,75	1,03
1623,15	0,75 ± 0,002	0,27	0,76	0,27
1628,15	0,76 ± 0,003	0,43	0,76	0,43
1633,15	0,77 ± 0,001	0,19	0,77	0,19
1638,15	0,76 ± 0,003	0,37	0,76	0,37
1643,15	0,76 ± 0,005	0,67	0,76	0,67
1648,15	0,76 ± 0,005	0,67	0,77	0,68
1653,15	0,77 ± 0,007	0,87	0,77	0,88
1658,15	0,77 ± 0,002	0,25	0,77	0,25
1663,15	0,78 ± 0,005	0,70	0,78	0,69
1668,15	0,78 ± 0,002	0,29	0,77	0,29
1673,15	0,76 ± 0,004	0,56	0,77	0,57
1678,15	0,77 ± 0,005	0,69	0,77	0,69
1683,15	0,76 ± 0,009	1,11	0,77	1,12



**Příloha 8 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli A pro VT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1688,15	0,76 ± 0,006	0,83	0,77	0,84
1693,15	0,77 ± 0,003	0,40	0,77	0,40
1698,15	0,77 ± 0,000	0,04	0,78	0,04
1703,15	0,77 ± 0,001	0,14	0,77	0,14
1708,15	0,78 ± 0,005	0,69	0,78	0,69
1713,15	0,83 ± 0,029	3,41	0,86	3,54
1718,15	0,99 ± 0,029	2,87	1,01	2,96
1723,15	1,15 ± 0,046	3,83	1,20	3,98
1728,15	1,38 ± 0,077	5,28	1,45	5,58
1733,15	1,75 ± 0,085	4,64	1,83	4,86
1738,15	2,16 ± 0,070	3,14	2,28	5,56
1743,15	2,68 ± 0,123	4,39	2,80	4,60
1748,15	3,06 ± 0,193	5,93	3,25	6,30
1753,15	3,78 ± 0,157	4,00	3,94	4,16
1758,15	4,47 ± 0,138	2,99	4,61	3,09
1763,15	5,42 ± 0,127	2,29	5,54	2,34
1768,15	6,53 ± 0,145	2,17	6,68	2,22
1773,15	11,36 ± 0,506	4,67	10,85	4,46
1778,15	8,60 ± 0,195	2,22	8,80	2,27
1783,15	8,46 ± 0,172	1,99	8,63	2,03
1788,15	5,48 ± 1,083	24,62	4,40	19,76
1793,15	1,21 ± 0,081	7,19	1,13	6,71
1798,15	0,97 ± 0,042	4,55	0,92	4,36
1803,15	0,91 ± 0,025	2,77	0,89	2,69
1808,15	0,89 ± 0,023	2,66	0,87	2,59
1813,15	0,89 ± 0,020	2,27	0,87	2,22
1818,15	0,90 ± 0,026	2,98	0,87	2,90
1823,15	0,89 ± 0,016	1,83	0,87	1,80
1828,15	0,91 ± 0,027	3,07	0,88	2,98
1833,15	0,93 ± 0,032	3,59	0,90	3,47
1838,15	0,94 ± 0,042	4,66	0,90	4,45
1843,15	0,92 ± 0,026	2,95	0,89	2,87
1848,15	0,95 ± 0,041	4,54	0,91	4,34
1853,15	0,94 ± 0,030	3,26	0,91	3,16

**Příloha 9:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli B pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
473,15	0,44 ± 0,007	1,54	0,52	20,4
478,15	0,44 ± 0,006	1,29	0,53	18,7
483,15	0,45 ± 0,003	0,67	0,53	18,4
488,15	0,44 ± 0,005	1,06	0,53	20,4
493,15	0,44 ± 0,001	0,31	0,53	21,0
498,15	0,44 ± 0,002	0,47	0,54	20,6
503,15	0,45 ± 0,002	0,47	0,54	20,6
508,15	0,45 ± 0,002	0,42	0,54	20,9
513,15	0,45 ± 0,003	0,63	0,54	20,4
518,15	0,45 ± 0,001	0,12	0,55	20,6
523,15	0,46 ± 0,004	0,81	0,55	19,9
528,15	0,46 ± 0,001	0,11	0,55	19,3
533,15	0,46 ± 0,007	1,54	0,55	19,8
538,15	0,47 ± 0,009	1,98	0,56	18,3
543,15	0,47 ± 0,006	1,29	0,56	19,5
548,15	0,47 ± 0,011	2,27	0,56	20,0
553,15	0,47 ± 0,013	2,73	0,57	19,6
558,15	0,47 ± 0,011	2,30	0,57	19,8
563,15	0,48 ± 0,014	2,93	0,57	19,0
568,15	0,48 ± 0,015	3,11	0,57	19,6
573,15	0,48 ± 0,016	3,33	0,58	19,8
578,15	0,48 ± 0,017	3,48	0,58	20,2
583,15	0,48 ± 0,014	2,83	0,58	20,4
588,15	0,49 ± 0,015	3,04	0,59	20,5
593,15	0,49 ± 0,015	2,97	0,59	20,1
598,15	0,49 ± 0,016	3,23	0,59	19,4
603,15	0,49 ± 0,018	3,74	0,59	20,0
608,15	0,49 ± 0,016	3,19	0,59	19,6
613,15	0,50 ± 0,015	3,10	0,59	19,8
618,15	0,50 ± 0,016	3,21	0,60	19,5
623,15	0,50 ± 0,015	2,90	0,60	19,3
628,15	0,51 ± 0,012	2,43	0,60	18,7
633,15	0,51 ± 0,011	2,20	0,61	18,3
638,15	0,52 ± 0,013	2,53	0,61	18,3
643,15	0,52 ± 0,011	2,04	0,62	18,1
648,15	0,52 ± 0,010	1,86	0,62	18,0
653,15	0,53 ± 0,011	2,09	0,62	18,3
658,15	0,53 ± 0,012	2,26	0,63	18,4
663,15	0,53 ± 0,011	2,12	0,63	18,4

**Příloha 9 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli B pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
668,15	0,54 ± 0,010	1,93	0,64	19,1
673,15	0,54 ± 0,009	1,59	0,64	19,8
678,15	0,54 ± 0,009	1,69	0,65	20,6
683,15	0,54 ± 0,010	1,91	0,66	21,4
688,15	0,54 ± 0,007	1,36	0,63	16,0
693,15	0,55 ± 0,008	1,56	0,63	16,1
698,15	0,55 ± 0,009	1,62	0,64	16,0
703,15	0,55 ± 0,006	1,14	0,64	16,7
708,15	0,55 ± 0,007	1,36	0,64	17,0
713,15	0,55 ± 0,008	1,48	0,65	17,2
718,15	0,55 ± 0,007	1,21	0,65	17,4
723,15	0,56 ± 0,008	1,37	0,65	17,3
728,15	0,56 ± 0,007	1,24	0,66	17,8
733,15	0,56 ± 0,009	1,53	0,66	18,1
738,15	0,56 ± 0,006	1,06	0,66	18,2
743,15	0,56 ± 0,007	1,21	0,67	19,2
748,15	0,56 ± 0,006	1,07	0,67	19,4
753,15	0,56 ± 0,007	1,19	0,68	19,8
758,15	0,57 ± 0,007	1,22	0,68	19,7
763,15	0,57 ± 0,006	1,06	0,68	19,4
768,15	0,57 ± 0,009	1,61	0,69	19,8
773,15	0,58 ± 0,006	1,04	0,69	19,7
778,15	0,58 ± 0,009	1,48	0,70	19,7
783,15	0,58 ± 0,007	1,14	0,70	19,5
788,15	0,59 ± 0,009	1,52	0,70	19,9
793,15	0,59 ± 0,008	1,37	0,71	19,8
798,15	0,59 ± 0,009	1,52	0,71	19,9
803,15	0,59 ± 0,009	1,48	0,72	20,4
808,15	0,60 ± 0,010	1,63	0,72	20,3
813,15	0,60 ± 0,010	1,69	0,72	20,1
818,15	0,61 ± 0,009	1,54	0,73	19,9
823,15	0,61 ± 0,014	2,28	0,73	20,6
828,15	0,61 ± 0,012	1,93	0,74	21,0
833,15	0,62 ± 0,009	1,38	0,74	20,5
838,15	0,62 ± 0,008	1,24	0,75	20,8
843,15	0,62 ± 0,007	1,10	0,75	20,8
848,15	0,62 ± 0,009	1,45	0,76	21,0
853,15	0,63 ± 0,008	1,32	0,76	21,6

**Příloha 9 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli B pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
858,15	0,63 ± 0,009	1,38	0,77	21,5
863,15	0,64 ± 0,010	1,52	0,77	21,4
868,15	0,64 ± 0,010	1,58	0,78	21,6
873,15	0,64 ± 0,010	1,52	0,78	21,9
878,15	0,64 ± 0,008	1,28	0,79	22,1
883,15	0,65 ± 0,007	1,10	0,79	21,9
888,15	0,65 ± 0,010	1,51	0,80	22,0
893,15	0,66 ± 0,010	1,48	0,80	21,9
898,15	0,66 ± 0,008	1,23	0,81	22,3
903,15	0,67 ± 0,010	1,48	0,82	21,6
908,15	0,67 ± 0,013	1,91	0,82	22,2
913,15	0,68 ± 0,012	1,77	0,83	22,2
918,15	0,68 ± 0,011	1,68	0,83	21,9
923,15	0,69 ± 0,011	1,62	0,84	22,0
928,15	0,69 ± 0,013	1,92	0,85	22,0
933,15	0,70 ± 0,012	1,65	0,85	22,2
938,15	0,70 ± 0,011	1,53	0,86	22,2
943,15	0,71 ± 0,010	1,43	0,87	21,9
948,15	0,72 ± 0,009	1,25	0,87	21,9
953,15	0,73 ± 0,009	1,28	0,88	21,6
958,15	0,73 ± 0,009	1,26	0,89	21,1
963,15	0,74 ± 0,009	1,22	0,90	21,4
968,15	0,75 ± 0,009	1,19	0,91	21,0
973,15	0,76 ± 0,010	1,31	0,91	20,7
978,15	0,77 ± 0,010	1,29	0,92	20,5
983,15	0,78 ± 0,009	1,21	0,93	19,8
988,15	0,79 ± 0,010	1,24	0,94	19,3
993,15	0,80 ± 0,009	1,10	0,95	19,0
998,15	0,81 ± 0,010	1,18	0,96	18,4
1003,15	0,82 ± 0,008	0,97	0,97	17,9
1008,15	0,84 ± 0,006	0,74	0,98	17,1
1013,15	0,85 ± 0,007	0,84	0,99	16,3
1018,15	0,87 ± 0,007	0,78	1,00	14,8
1023,15	0,89 ± 0,007	0,74	1,01	13,5
1028,15	0,92 ± 0,007	0,78	1,02	11,7
1033,15	0,95 ± 0,006	0,62	1,04	9,7
1038,15	0,98 ± 0,005	0,47	1,05	6,9
1043,15	1,02 ± 0,008	0,82	1,06	3,7

**Příloha 9 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli B pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1048,15	1,09 ± 0,008	0,70	1,08	1,6
1053,15	0,94 ± 0,012	1,26	1,09	15,6
1058,15	0,85 ± 0,005	0,55	1,11	30,7
1063,15	0,82 ± 0,008	0,93	0,96	16,0
1068,15	1,10 ± 0,202	18,37	0,94	14,4
1073,15	2,28 ± 0,031	1,34	2,70	18,4
1078,15	3,29 ± 0,096	2,91	3,15	4,5
1083,15	2,24 ± 0,082	3,67	3,83	71,2
1088,15	1,07 ± 0,045	4,19	4,86	355,4
1093,15	0,70 ± 0,019	2,70	0,69	0,9
1098,15	0,61 ± 0,003	0,51	0,70	13,2
1103,15	0,60 ± 0,004	0,60	0,70	16,9
1108,15	0,59 ± 0,004	0,67	0,70	17,5
1113,15	0,59 ± 0,004	0,61	0,70	18,2
1118,15	0,60 ± 0,001	0,18	0,70	18,1
1123,15	0,59 ± 0,003	0,45	0,70	18,5
1128,15	0,60 ± 0,003	0,57	0,71	18,1
1133,15	0,60 ± 0,004	0,59	0,60	0,4
1138,15	0,60 ± 0,003	0,53	0,60	0,1
1143,15	0,60 ± 0,005	0,88	0,60	0,4
1148,15	0,61 ± 0,004	0,64	0,60	0,5
1153,15	0,61 ± 0,005	0,78	0,60	0,9
1158,15	0,61 ± 0,003	0,56	0,60	1,2
1163,15	0,61 ± 0,007	1,16	0,61	1,3
1168,15	0,61 ± 0,004	0,64	0,61	1,1
1173,15	0,61 ± 0,005	0,83	0,61	0,8
1178,15	0,61 ± 0,005	0,83	0,61	0,8
1183,15	0,61 ± 0,005	0,89	0,61	0,6
1188,15	0,61 ± 0,005	0,74	0,61	0,3
1193,15	0,61 ± 0,004	0,73	0,61	0,5
1198,15	0,60 ± 0,004	0,73	0,61	1,4
1203,15	0,60 ± 0,007	1,18	0,61	2,2
1208,15	0,60 ± 0,008	1,27	0,61	2,6
1213,15	0,59 ± 0,010	1,64	0,61	3,3
1218,15	0,59 ± 0,007	1,15	0,61	4,1
1223,15	0,59 ± 0,006	1,01	0,62	4,6
1228,15	0,59 ± 0,006	0,97	0,62	5,3
1233,15	0,58 ± 0,006	1,00	0,62	5,6

**Příloha 9 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli B pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1238,15	0,58 ± 0,005	0,81	0,62	5,5
1243,15	0,58 ± 0,006	1,10	0,62	6,1
1248,15	0,58 ± 0,006	1,09	0,62	6,1
1253,15	0,58 ± 0,007	1,29	0,62	6,5
1258,15	0,58 ± 0,007	1,25	0,62	7,3
1263,15	0,58 ± 0,005	0,93	0,62	7,0
1268,15	0,58 ± 0,008	1,37	0,62	8,0
1273,15	0,58 ± 0,004	0,72	0,62	7,8
1278,15	0,58 ± 0,005	0,83	0,62	8,4
1283,15	0,58 ± 0,003	0,59	0,62	8,3
1288,15	0,57 ± 0,006	1,03	0,63	8,8
1293,15	0,58 ± 0,004	0,71	0,63	8,6
1298,15	0,57 ± 0,004	0,71	0,63	9,3
1303,15	0,58 ± 0,003	0,59	0,63	9,0
1308,15	0,58 ± 0,004	0,64	0,63	9,3
1313,15	0,58 ± 0,005	0,87	0,63	8,9
1318,15	0,58 ± 0,000	0,02	0,63	7,9
1323,15	0,58 ± 0,003	0,57	0,63	8,4
1328,15	0,58 ± 0,000	0,04	0,63	8,5
1333,15	0,58 ± 0,001	0,20	0,63	8,9
1338,15	0,58 ± 0,002	0,29	0,63	8,8
1343,15	0,58 ± 0,003	0,55	0,63	8,8
1348,15	0,58 ± 0,004	0,69	0,64	8,8
1353,15	0,59 ± 0,006	1,02	0,64	8,7
1358,15	0,58 ± 0,004	0,67	0,64	9,1
1363,15	0,58 ± 0,004	0,71	0,64	8,9
1368,15	0,59 ± 0,002	0,43	0,64	9,0
1373,15	0,58 ± 0,007	1,14	0,64	9,4
1378,15	0,59 ± 0,005	0,80	0,64	9,3
1383,15	0,58 ± 0,005	0,84	0,64	9,7
1388,15	0,59 ± 0,006	1,04	0,64	9,2
1393,15	0,59 ± 0,003	0,56	0,64	8,8
1398,15	0,59 ± 0,003	0,53	0,64	9,2
1403,15	0,59 ± 0,004	0,75	0,64	8,9
1408,15	0,59 ± 0,006	0,93	0,65	9,1
1413,15	0,59 ± 0,005	0,77	0,65	9,1
1418,15	0,59 ± 0,003	0,52	0,65	9,1
1423,15	0,59 ± 0,003	0,52	0,65	9,6

**Příloha 9 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli B pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1428,15	0,59 ± 0,004	0,60	0,65	9,3
1433,15	0,59 ± 0,004	0,62	0,65	9,2
1438,15	0,60 ± 0,008	1,27	0,65	9,1
1443,15	0,60 ± 0,011	1,82	0,65	9,4
1448,15	0,60 ± 0,007	1,24	0,65	9,3
1453,15	0,60 ± 0,007	1,13	0,65	9,5
1458,15	0,59 ± 0,004	0,75	0,65	9,9
1463,15	0,60 ± 0,005	0,86	0,65	9,2
1468,15	0,60 ± 0,007	1,10	0,66	9,4
1473,15	0,60 ± 0,007	1,10	0,66	9,7
1478,15	0,60 ± 0,003	0,55	0,66	9,7
1483,15	0,60 ± 0,004	0,66	0,66	10,0
1488,15	0,60 ± 0,003	0,47	0,66	10,4
1493,15	0,59 ± 0,007	1,17	0,66	11,2
1498,15	0,60 ± 0,006	1,09	0,66	10,7
1503,15	0,60 ± 0,007	1,11	0,66	10,6
1508,15	0,60 ± 0,007	1,14	0,66	10,7
1513,15	0,60 ± 0,008	1,31	0,66	10,2
1518,15	0,60 ± 0,004	0,65	0,66	10,6
1523,15	0,60 ± 0,006	0,92	0,66	10,8
1528,15	0,60 ± 0,005	0,76	0,67	10,6
1533,15	0,60 ± 0,008	1,27	0,67	11,8
1538,15	0,60 ± 0,006	0,99	0,67	11,7
1543,15	0,60 ± 0,006	0,96	0,67	11,4
1548,15	0,60 ± 0,002	0,40	0,67	10,7
1553,15	0,60 ± 0,008	1,31	0,67	11,6
1558,15	0,60 ± 0,008	1,42	0,67	12,0
1563,15	0,60 ± 0,011	1,89	0,67	11,6
1568,15	0,60 ± 0,010	1,72	0,67	11,9

**Příloha 10:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli B pro VT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1488,15	0,73 ± 0,002	0,24	0,66	9,37
1493,15	0,74 ± 0,009	1,28	0,67	10,01
1498,15	0,74 ± 0,003	0,35	0,67	10,55
1503,15	0,75 ± 0,010	1,28	0,67	11,38
1508,15	0,75 ± 0,006	0,76	0,67	10,93
1513,15	0,75 ± 0,010	1,34	0,67	11,16
1518,15	0,76 ± 0,011	1,39	0,67	11,82
1523,15	0,76 ± 0,015	1,96	0,67	12,04
1528,15	0,76 ± 0,011	1,49	0,67	11,70
1533,15	0,76 ± 0,013	1,73	0,67	11,45
1538,15	0,76 ± 0,019	2,52	0,67	11,59
1543,15	0,75 ± 0,017	2,30	0,67	10,74
1548,15	0,76 ± 0,004	0,50	0,67	11,24
1553,15	0,75 ± 0,007	0,92	0,68	10,04
1558,15	0,75 ± 0,009	1,17	0,68	9,94
1563,15	0,76 ± 0,017	2,29	0,68	11,00
1568,15	0,76 ± 0,020	2,65	0,68	11,45
1573,15	0,77 ± 0,012	1,52	0,68	11,55
1578,15	0,76 ± 0,017	2,26	0,68	11,35
1583,15	0,76 ± 0,024	3,16	0,68	11,10
1588,15	0,77 ± 0,025	3,31	0,68	11,66
1593,15	0,77 ± 0,012	1,62	0,68	11,32
1598,15	0,78 ± 0,017	2,15	0,68	12,47
1603,15	0,78 ± 0,017	2,21	0,68	12,61
1608,15	0,77 ± 0,009	1,19	0,68	11,24
1613,15	0,77 ± 0,010	1,30	0,69	10,89
1618,15	0,78 ± 0,008	1,09	0,69	12,08
1623,15	0,78 ± 0,010	1,32	0,69	12,26
1628,15	0,79 ± 0,015	1,87	0,69	12,79
1633,15	0,79 ± 0,013	1,67	0,69	13,08
1638,15	0,79 ± 0,014	1,81	0,69	13,08
1643,15	0,79 ± 0,010	1,23	0,69	12,57
1648,15	0,79 ± 0,011	1,39	0,69	12,75
1653,15	0,80 ± 0,009	1,07	0,70	13,08
1658,15	0,81 ± 0,014	1,73	0,70	13,56
1663,15	0,81 ± 0,014	1,76	0,70	14,10
1668,15	0,81 ± 0,011	1,36	0,70	13,48
1673,15	0,80 ± 0,010	1,21	0,70	12,22
1678,15	0,80 ± 0,014	1,75	0,71	11,80



**Příloha 10 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli B pro VT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1683,15	0,80 ± 0,012	1,47	0,71	11,26
1688,15	0,80 ± 0,017	2,19	0,71	10,79
1693,15	0,80 ± 0,010	1,27	0,72	9,96
1698,15	0,84 ± 0,004	0,53	0,73	13,17
1703,15	0,91 ± 0,010	1,14	0,74	19,38
1708,15	0,98 ± 0,010	1,07	0,75	22,98
1713,15	1,08 ± 0,016	1,49	0,78	27,94
1718,15	1,22 ± 0,026	2,16	0,83	32,09
1723,15	1,42 ± 0,052	3,62	0,92	35,49
1728,15	1,72 ± 0,089	5,16	1,13	34,06
1733,15	2,12 ± 0,100	4,71	1,64	22,79
1738,15	2,58 ± 0,128	4,98	2,53	1,81
1743,15	3,14 ± 0,138	4,38	3,48	10,78
1748,15	3,62 ± 0,204	5,64	4,40	21,44
1753,15	4,40 ± 0,172	3,92	5,48	24,62
1758,15	5,21 ± 0,152	2,92	6,95	33,38
1763,15	6,34 ± 0,156	2,47	4,80	24,26
1768,15	11,19 ± 0,262	2,34	5,99	46,45
1773,15	7,69 ± 0,105	1,37	7,75	0,74
1778,15	7,84 ± 0,119	1,52	9,84	25,44
1783,15	8,29 ± 0,318	3,84	0,82	90,16
1788,15	1,50 ± 0,214	14,26	0,82	45,51
1793,15	0,97 ± 0,056	5,76	0,82	15,58
1798,15	0,91 ± 0,049	5,35	0,82	9,74
1803,15	0,90 ± 0,041	4,58	0,83	7,93
1808,15	0,89 ± 0,035	3,90	0,83	6,91
1813,15	0,89 ± 0,034	3,86	0,83	6,36
1818,15	0,89 ± 0,034	3,82	0,83	6,53
1823,15	0,89 ± 0,031	3,48	0,83	6,84
1828,15	0,91 ± 0,043	4,73	0,83	8,30
1833,15	0,94 ± 0,041	4,38	0,83	11,82
1838,15	0,93 ± 0,047	5,07	0,83	11,13
1843,15	0,93 ± 0,028	2,97	0,83	10,36
1848,15	0,93 ± 0,051	5,44	0,83	10,75
1853,15	0,92 ± 0,034	3,64	0,83	10,20

**Příloha 11:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli C pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
473,15	0,50 ± 0,047	9,30	0,54	7,0
478,15	0,51 ± 0,040	7,75	0,54	6,2
483,15	0,51 ± 0,040	7,86	0,55	6,4
488,15	0,52 ± 0,045	8,77	0,55	6,1
493,15	0,52 ± 0,047	9,12	0,55	6,8
498,15	0,52 ± 0,047	9,05	0,55	7,0
503,15	0,51 ± 0,044	8,49	0,56	8,6
508,15	0,52 ± 0,044	8,57	0,56	7,8
513,15	0,51 ± 0,043	8,33	0,56	10,0
518,15	0,51 ± 0,038	7,59	0,57	11,9
523,15	0,50 ± 0,036	7,13	0,57	13,2
528,15	0,50 ± 0,032	6,31	0,57	13,2
533,15	0,50 ± 0,027	5,36	0,57	13,7
538,15	0,50 ± 0,027	5,43	0,58	14,4
543,15	0,50 ± 0,024	4,82	0,58	16,5
548,15	0,50 ± 0,025	5,12	0,58	17,4
553,15	0,50 ± 0,025	5,06	0,59	18,2
558,15	0,49 ± 0,017	3,43	0,59	20,5
563,15	0,49 ± 0,020	4,12	0,59	20,5
568,15	0,48 ± 0,019	3,94	0,60	23,3
573,15	0,48 ± 0,020	4,17	0,60	25,4
578,15	0,47 ± 0,023	4,79	0,60	27,1
583,15	0,46 ± 0,022	4,81	0,60	30,0
588,15	0,46 ± 0,024	5,24	0,61	32,3
593,15	0,46 ± 0,024	5,18	0,61	33,6
598,15	0,45 ± 0,023	5,21	0,61	35,7
603,15	0,44 ± 0,021	4,82	0,61	38,5
608,15	0,45 ± 0,023	5,03	0,62	36,8
613,15	0,45 ± 0,019	4,22	0,62	38,3
618,15	0,46 ± 0,016	3,53	0,62	36,8
623,15	0,46 ± 0,015	3,22	0,63	35,3
628,15	0,47 ± 0,014	2,92	0,63	33,6
633,15	0,48 ± 0,011	2,32	0,63	31,4
638,15	0,49 ± 0,008	1,68	0,64	28,6
643,15	0,50 ± 0,006	1,13	0,64	27,2
648,15	0,51 ± 0,004	0,72	0,64	25,9
653,15	0,52 ± 0,004	0,81	0,61	18,5
658,15	0,53 ± 0,000	0,06	0,62	17,3
663,15	0,53 ± 0,000	0,06	0,62	17,5

**Příloha 11 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli C pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
668,15	0,54 ± 0,005	0,85	0,62	16,1
673,15	0,54 ± 0,003	0,64	0,63	16,1
678,15	0,54 ± 0,001	0,17	0,63	16,6
683,15	0,55 ± 0,004	0,77	0,64	16,1
688,15	0,55 ± 0,005	0,97	0,64	16,5
693,15	0,55 ± 0,005	0,92	0,64	16,5
698,15	0,55 ± 0,005	0,89	0,65	16,8
703,15	0,56 ± 0,003	0,46	0,65	16,7
708,15	0,56 ± 0,004	0,66	0,65	17,7
713,15	0,56 ± 0,004	0,66	0,66	17,6
718,15	0,56 ± 0,004	0,66	0,66	18,6
723,15	0,56 ± 0,004	0,78	0,67	19,1
728,15	0,56 ± 0,006	1,05	0,67	19,4
733,15	0,56 ± 0,006	0,99	0,67	19,6
738,15	0,57 ± 0,002	0,27	0,68	19,5
743,15	0,57 ± 0,002	0,36	0,68	20,0
748,15	0,57 ± 0,004	0,62	0,69	19,7
753,15	0,57 ± 0,002	0,38	0,69	20,7
758,15	0,57 ± 0,003	0,50	0,69	20,9
763,15	0,57 ± 0,002	0,29	0,70	21,4
768,15	0,58 ± 0,003	0,60	0,70	21,9
773,15	0,58 ± 0,001	0,13	0,71	22,0
778,15	0,58 ± 0,001	0,11	0,71	21,8
783,15	0,59 ± 0,004	0,62	0,71	21,8
788,15	0,59 ± 0,002	0,36	0,72	22,4
793,15	0,59 ± 0,002	0,33	0,72	22,4
798,15	0,59 ± 0,001	0,16	0,73	22,6
803,15	0,59 ± 0,001	0,18	0,73	23,1
808,15	0,60 ± 0,001	0,22	0,74	23,0
813,15	0,60 ± 0,002	0,38	0,74	23,4
818,15	0,60 ± 0,000	0,07	0,75	24,3
823,15	0,60 ± 0,001	0,10	0,75	24,6
828,15	0,60 ± 0,001	0,11	0,76	25,1
833,15	0,60 ± 0,000	0,08	0,76	26,0
838,15	0,60 ± 0,002	0,36	0,77	27,4
843,15	0,60 ± 0,002	0,36	0,77	28,0
848,15	0,60 ± 0,001	0,24	0,78	28,9
853,15	0,60 ± 0,001	0,20	0,78	29,3

**Příloha 11 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli C pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
858,15	0,60 ± 0,002	0,37	0,79	30,3
863,15	0,60 ± 0,001	0,21	0,79	31,3
868,15	0,60 ± 0,004	0,58	0,80	32,2
873,15	0,61 ± 0,003	0,58	0,80	32,5
878,15	0,61 ± 0,004	0,63	0,81	33,4
883,15	0,60 ± 0,004	0,74	0,82	35,2
888,15	0,60 ± 0,005	0,91	0,82	37,2
893,15	0,59 ± 0,005	0,92	0,83	39,3
898,15	0,59 ± 0,006	1,05	0,84	41,3
903,15	0,59 ± 0,009	1,52	0,84	41,8
908,15	0,60 ± 0,008	1,37	0,85	41,6
913,15	0,61 ± 0,011	1,85	0,86	40,6
918,15	0,62 ± 0,013	2,04	0,86	38,7
923,15	0,63 ± 0,013	1,97	0,87	36,9
928,15	0,65 ± 0,010	1,49	0,88	34,4
933,15	0,67 ± 0,005	0,73	0,88	32,3
938,15	0,68 ± 0,002	0,35	0,89	30,3
943,15	0,69 ± 0,002	0,28	0,90	29,8
948,15	0,70 ± 0,001	0,11	0,91	29,0
953,15	0,71 ± 0,001	0,15	0,92	28,4
958,15	0,72 ± 0,000	0,03	0,92	27,9
963,15	0,73 ± 0,003	0,39	0,93	27,3
968,15	0,74 ± 0,005	0,72	0,94	26,4
973,15	0,76 ± 0,009	1,12	0,95	25,1
978,15	0,77 ± 0,009	1,20	0,96	25,1
983,15	0,79 ± 0,006	0,80	0,97	23,7
988,15	0,80 ± 0,008	0,96	0,98	22,0
993,15	0,82 ± 0,009	1,05	0,99	20,8
998,15	0,84 ± 0,007	0,84	1,00	19,2
1003,15	0,87 ± 0,011	1,21	1,02	17,2
1008,15	0,89 ± 0,008	0,89	1,03	15,0
1013,15	0,91 ± 0,006	0,69	1,04	13,6
1018,15	0,93 ± 0,011	1,19	1,05	12,8
1023,15	0,96 ± 0,012	1,24	1,07	11,3
1028,15	0,98 ± 0,012	1,26	1,08	9,7
1033,15	1,02 ± 0,016	1,62	1,09	7,6
1038,15	1,05 ± 0,011	1,06	0,95	9,0
1043,15	1,09 ± 0,013	1,18	0,94	14,0

**Příloha 11 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli C pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1048,15	1,15 ± 0,016	1,39	0,93	19,7
1053,15	1,03 ± 0,013	1,27	0,92	11,3
1058,15	0,89 ± 0,015	1,72	0,91	1,2
1063,15	0,85 ± 0,009	1,08	0,90	5,4
1068,15	0,82 ± 0,010	1,26	0,89	7,8
1073,15	0,81 ± 0,010	1,22	7,89	872,9
1078,15	0,81 ± 0,012	1,44	0,70	13,5
1083,15	0,86 ± 0,060	7,01	0,70	18,9
1088,15	2,05 ± 0,616	30,06	0,70	65,8
1093,15	4,07 ± 0,159	3,92	0,70	82,7
1098,15	2,06 ± 0,389	18,91	0,70	65,8
1103,15	0,79 ± 0,039	4,99	0,71	10,3
1108,15	0,65 ± 0,006	0,96	0,71	8,9
1113,15	0,64 ± 0,005	0,86	0,71	11,8
1118,15	0,64 ± 0,003	0,48	0,71	12,1
1123,15	0,64 ± 0,001	0,15	0,71	11,5
1128,15	0,64 ± 0,001	0,10	0,72	11,0
1133,15	0,65 ± 0,002	0,38	0,72	10,5
1138,15	0,66 ± 0,005	0,79	0,72	9,7
1143,15	0,66 ± 0,004	0,67	0,72	9,0
1148,15	0,67 ± 0,006	0,96	0,72	8,3
1153,15	0,67 ± 0,004	0,59	0,73	8,0
1158,15	0,68 ± 0,006	0,85	0,72	5,9
1163,15	0,68 ± 0,003	0,41	0,67	2,4
1168,15	0,69 ± 0,001	0,20	0,61	10,7
1173,15	0,69 ± 0,000	0,03	0,61	10,9
1178,15	0,69 ± 0,003	0,49	0,61	11,1
1183,15	0,69 ± 0,002	0,29	0,62	11,2
1188,15	0,69 ± 0,003	0,37	0,62	10,9
1193,15	0,69 ± 0,004	0,52	0,62	10,5
1198,15	0,69 ± 0,001	0,10	0,62	10,3
1203,15	0,68 ± 0,003	0,46	0,62	9,6
1208,15	0,68 ± 0,001	0,09	0,62	9,1
1213,15	0,68 ± 0,005	0,70	0,62	8,4
1218,15	0,67 ± 0,002	0,30	0,62	8,1
1223,15	0,67 ± 0,003	0,43	0,62	7,5
1228,15	0,67 ± 0,001	0,14	0,62	6,8
1233,15	0,66 ± 0,002	0,24	0,62	5,6

**Příloha 11 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli C pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1238,15	0,65 ± 0,001	0,20	0,62	4,3
1243,15	0,64 ± 0,001	0,10	0,63	2,9
1248,15	0,64 ± 0,003	0,43	0,63	2,8
1253,15	0,64 ± 0,003	0,49	0,63	1,5
1258,15	0,63 ± 0,005	0,81	0,63	0,7
1263,15	0,63 ± 0,005	0,75	0,63	0,1
1268,15	0,62 ± 0,001	0,08	0,63	1,1
1273,15	0,62 ± 0,001	0,09	0,63	2,0
1278,15	0,61 ± 0,001	0,09	0,63	2,8
1283,15	0,61 ± 0,001	0,15	0,63	3,6
1288,15	0,61 ± 0,000	0,01	0,63	3,9
1293,15	0,61 ± 0,001	0,12	0,63	4,6
1298,15	0,61 ± 0,002	0,28	0,63	4,6
1303,15	0,61 ± 0,004	0,63	0,63	4,5
1308,15	0,60 ± 0,003	0,58	0,64	5,1
1313,15	0,61 ± 0,002	0,35	0,64	4,7
1318,15	0,61 ± 0,002	0,34	0,64	4,4
1323,15	0,61 ± 0,004	0,61	0,64	4,6
1328,15	0,61 ± 0,001	0,18	0,64	4,9
1333,15	0,61 ± 0,004	0,73	0,64	5,3
1338,15	0,61 ± 0,001	0,23	0,64	4,7
1343,15	0,62 ± 0,003	0,45	0,64	4,2
1348,15	0,61 ± 0,003	0,52	0,64	4,4
1353,15	0,61 ± 0,000	0,05	0,64	5,1
1358,15	0,61 ± 0,001	0,10	0,64	5,5
1363,15	0,61 ± 0,002	0,38	0,64	5,2
1368,15	0,61 ± 0,001	0,09	0,65	5,3
1373,15	0,61 ± 0,003	0,55	0,65	5,4
1378,15	0,61 ± 0,006	1,06	0,65	5,3
1383,15	0,62 ± 0,002	0,26	0,65	5,4
1388,15	0,62 ± 0,002	0,40	0,65	4,7
1393,15	0,62 ± 0,004	0,64	0,65	4,9
1398,15	0,62 ± 0,001	0,12	0,65	5,4
1403,15	0,62 ± 0,001	0,21	0,65	5,2
1408,15	0,62 ± 0,002	0,33	0,65	5,1
1413,15	0,62 ± 0,004	0,65	0,65	5,1
1418,15	0,62 ± 0,001	0,14	0,65	5,1
1423,15	0,62 ± 0,001	0,12	0,65	4,9

**Příloha 11 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli C pro NT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1428,15	0,62 ± 0,004	0,62	0,66	5,2
1433,15	0,63 ± 0,003	0,56	0,66	4,8
1438,15	0,63 ± 0,005	0,72	0,66	4,5
1443,15	0,63 ± 0,005	0,83	0,66	4,5
1448,15	0,63 ± 0,006	0,93	0,66	4,3
1453,15	0,63 ± 0,007	1,12	0,66	4,1
1458,15	0,63 ± 0,006	0,93	0,66	4,4
1463,15	0,63 ± 0,001	0,13	0,66	4,8
1468,15	0,63 ± 0,003	0,50	0,66	5,3
1473,15	0,64 ± 0,005	0,72	0,66	4,4
1478,15	0,64 ± 0,005	0,84	0,66	4,2
1483,15	0,64 ± 0,006	0,95	0,66	4,3
1488,15	0,64 ± 0,007	1,07	0,67	4,4
1493,15	0,64 ± 0,006	0,97	0,67	4,4
1498,15	0,64 ± 0,004	0,60	0,67	4,2
1503,15	0,65 ± 0,002	0,28	0,67	3,4
1508,15	0,64 ± 0,000	0,04	0,67	4,5
1513,15	0,64 ± 0,003	0,48	0,67	4,5
1518,15	0,65 ± 0,004	0,59	0,67	3,7
1523,15	0,64 ± 0,010	1,52	0,67	4,5
1524,15	0,64 ± 0,006	0,99	0,67	4,5
1525,15	0,64 ± 0,001	0,17	0,67	3,4

**Příloha 12:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli C pro VT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1488,15	0,68 ± 0,012	1,77	0,66	2,99
1493,15	0,69 ± 0,017	2,50	0,66	3,61
1498,15	0,69 ± 0,010	1,47	0,66	3,57
1503,15	0,69 ± 0,012	2,33	0,67	3,80
1508,15	0,69 ± 0,009	1,58	0,67	3,79
1513,15	0,69 ± 0,008	1,82	0,67	3,90
1518,15	0,70 ± 0,008	2,04	0,67	4,00
1523,15	0,69 ± 0,009	1,93	0,67	3,72
1528,15	0,70 ± 0,009	2,03	0,67	3,75

**Příloha 12 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli C pro VT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1533,15	0,69 ± 0,008	1,74	0,67	3,42
1538,15	0,69 ± 0,010	1,91	0,67	3,12
1543,15	0,69 ± 0,011	1,53	0,67	2,11
1548,15	0,69 ± 0,004	0,69	0,67	3,08
1553,15	0,69 ± 0,011	2,22	0,67	2,63
1558,15	0,69 ± 0,013	3,22	0,68	2,81
1563,15	0,70 ± 0,010	3,25	0,68	3,70
1568,15	0,70 ± 0,011	3,34	0,68	3,32
1573,15	0,70 ± 0,011	2,96	0,68	2,95
1578,15	0,70 ± 0,014	3,51	0,68	2,50
1583,15	0,69 ± 0,017	3,92	0,68	1,90
1588,15	0,71 ± 0,011	4,01	0,68	3,60
1593,15	0,70 ± 0,011	3,44	0,68	2,84
1598,15	0,71 ± 0,010	4,22	0,68	3,79
1603,15	0,70 ± 0,011	3,90	0,68	3,13
1608,15	0,70 ± 0,010	2,73	0,68	2,21
1613,15	0,70 ± 0,010	2,35	0,68	1,65
1618,15	0,70 ± 0,007	2,35	0,69	2,34
1623,15	0,70 ± 0,008	2,60	0,69	2,22
1628,15	0,71 ± 0,007	3,29	0,69	3,11
1633,15	0,71 ± 0,005	3,45	0,69	3,54
1638,15	0,71 ± 0,004	2,88	0,69	3,22
1643,15	0,71 ± 0,004	2,61	0,69	2,67
1648,15	0,71 ± 0,002	2,46	0,69	3,14
1653,15	0,72 ± 0,000	2,51	0,69	3,43
1658,15	0,72 ± 0,001	3,09	0,69	3,71
1663,15	0,72 ± 0,000	3,19	0,69	3,87
1668,15	0,72 ± 0,001	3,20	0,69	3,71
1673,15	0,71 ± 0,004	3,49	0,69	2,91
1678,15	0,72 ± 0,002	2,94	0,70	2,95
1683,15	0,71 ± 0,001	2,27	0,70	2,47
1688,15	0,71 ± 0,002	2,51	0,70	2,10
1693,15	0,71 ± 0,001	2,24	0,70	2,10
1698,15	0,72 ± 0,002	3,27	0,70	2,69
1703,15	0,72 ± 0,002	3,35	0,70	2,85
1708,15	0,72 ± 0,000	3,26	0,70	3,03
1713,15	0,73 ± 0,003	2,98	0,70	3,55
1718,15	0,88 ± 0,130	9,12	0,70	20,15



**Příloha 12 - pokračování:** Experimentální a teoretické hodnoty tepelné kapacity oceli C pro VT oblast

Teplota	Cp, exp.	Var. koeficient	Cp, TC	Rel. chyba Exp, TC
(K)	(J/K·g)	%	(J/K·g)	%
1723,15	1,25 ± 0,373	15,25	0,70	43,94
1728,15	1,76 ± 0,638	12,25	0,70	59,97
1733,15	2,35 ± 0,911	7,49	0,71	69,94
1738,15	2,91 ± 1,188	5,60	0,71	75,75
1743,15	3,53 ± 1,484	3,77	0,71	80,02
1748,15	4,06 ± 1,778	4,76	0,71	82,59
1753,15	4,94 ± 2,190	2,78	3,74	24,24
1758,15	8,02 ± 3,453	5,13	4,45	44,50
1763,15	8,95 ± 4,170	0,95	5,41	39,61
1768,15	6,53 ± 2,950	1,05	7,27	11,37
1773,15	6,81 ± 3,065	0,26	4,25	37,57
1778,15	7,93 ± 3,637	0,50	5,21	34,32
1783,15	3,99 ± 1,080	28,30	6,59	65,24
1788,15	1,05 ± 0,124	9,49	8,67	729,60
1793,15	0,86 ± 0,055	5,89	0,82	5,11
1798,15	0,83 ± 0,043	5,63	0,82	1,83
1803,15	0,82 ± 0,041	5,19	0,82	0,44
1808,15	0,81 ± 0,038	4,65	0,82	1,18
1813,15	0,81 ± 0,038	4,56	0,82	1,55
1818,15	0,82 ± 0,040	5,08	0,83	0,64
1823,15	0,82 ± 0,047	3,36	0,83	1,08
1828,15	0,83 ± 0,042	5,32	0,83	0,49
1833,15	0,84 ± 0,048	5,37	0,83	1,14
1838,15	0,84 ± 0,045	6,24	0,83	1,05
1843,15	0,85 ± 0,049	5,80	0,83	1,74
1848,15	0,84 ± 0,043	6,50	0,83	0,94
1853,15	0,83 ± 0,045	5,49	0,83	0,27